



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**47579**

# **GEMİLERDEKİ TÖM ARITMA SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ, KARŞILAŞTIRILMASI VE ÖNERİLER GETİRİLMESİ**

**Mak. Müh. Serdar KESKİN**

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında  
hazırlanan

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Oğuz SOYLU**

**İSTANBUL, 1995**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
SEMBOL LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	ix
TEŞEKKÜR	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1.0. GİRİŞ	1
2.0. YAĞLISU ARITICILARI (SİNTİNE SEPARATÖRLERİ)	3
2.1. Yağlısu arıtıcılarının çalışma prensibi	4
2.2. Sistemin verimini etkileyen faktörler	14
3.0. YAKIT VE YAĞ ARITICILARI	15
3.1. Çökeltme yöntemi ile arıtma	15
3.2. Santrifüj etkisi ile arıtma	20
3.3. Süreksiz/sürekli ortamda santrifüj etkisiyle arıtma	22
3.4. Katı partikül ayrıştırma	28
3.5. İki sıvının ayrıştırılması	33
3.6. Arıtmaya etki eden faktörler	36
3.6.1. Yoğunluk farkı	36
3.6.2. Viskozite	37
3.6.3. Partikül büyüklüğü, şekli ve yoğunluğu	38
3.7. Yağlama yağı arıtımında dikkat edilmesi gereken hususlar	41
3.8. Bazı arıtıcı tiplerinin çalışma şekilleri	44
3.8.1. Boyundan ve çevresel boşaltmalı arıtıcı tipi	44
3.8.2. Boyundan boşaltmalı arıtıcı tipi	48
3.8.3. Özgül ağırlık disksiz ALCAP FOPX/MFPX yakıt ve ALCAP LOPX yağlama yağı arıtma sistemi	53
4.0. PİS SU ATIKLARININ ARITILMASI	66
4.1. Pis su boşaltımı olmayan sistemler	69
4.2. Fiziksel/Kimyasal dezenfekte yapan sistemler	70
4.3. Elektrolitik sistemler	73
4.4. Biyolojik pis su arıtma sistemleri	80
4.5. Pis su arıtma sistemlerinin verimini etkileyen faktörler	83

5.0. SONUÇ  
KAYNAKÇA  
ÖZGEÇMİŞ

85  
92



## SEMBOL LİSTESİ

A:	Alan, $m^2$
B:	Özgül yakıt sarfiyatı, kg/BG-saat
D:	Çap, m
N:	Adet
P:	Basınç, Bar
Q:	Debi, litre/saat
R:	Güç, BG
T:	Zaman, s
V:	Hacim, $m^3$
$A_e$ :	Eşdeğer alan, $m^2$
$F_g$ :	Yerçekimi kuvveti, N
$F_s$ :	Taşıntı faktörü
$F_0$ :	Günlük çalışma zamanı, saat
$L_i$ :	İşlenecek akışkan debisi, kg/gün
$S_h$ :	Bir saatte oluşan pis su hacmi, litre
$T_m$ :	Maksimum işleme hızı, litre/saat
$V_d$ :	V-1 tank hacmi, $m^3$
$V_e$ :	Efektif hacim, litre
$V_g$ :	Terminal hız (yerçekimi kuvveti etkisi), m/s
$V_i$ :	Günlük oluşan pis su miktarı, litre/gün
$V_p$ :	Partikülün santrifüj etki sonucu kazandığı çökelme hızı, m/s
$V_0$ :	Terminal hız (santrifüj kuvveti etkisi), m/s
b:	En, m
c:	Personel adedi
e:	Ara yüzeyin merkeze olan uzaklığı, m
g:	Yerçekimi ivmesi, $m/s^2$
h:	Yükseklik, m
k:	Boyut faktörü
l:	Boy, m
n:	devir, devir/dakika
w:	Partikül hızı, m/s
$d_{lim}$ :	Limit partikül çapı, m
$r_h$ :	Ağır fazın merkeze olan uzaklığı, m

- $r_1$ : Hafif fazın merkeze olan uzaklığı, m  
 $r_s$ : Ara yüzey yarıçapı, m  
 $r_1$ : Disk yarıçapı, m  
 $r_2$ : Disk iç yarı çapı, m  
 $\alpha$ : Arıtma kanalının merkez ile yaptığı açı  
 $\mu$ : Viskozite, cSt  
 $\delta$ : Yakıt yoğunluğu,  $\text{kg/m}^3$   
 $\rho_h$ : Ağır faz yoğunluğu,  $\text{kg/m}^3$   
 $\rho_l$ : Hafif faz yoğunluğu,  $\text{kg/m}^3$   
 $\rho_p$ : Partikül yoğunluğu,  $\text{kg/m}^3$   
 $\rho_w$ : Su yoğunluğu,  $\text{kg/m}^3$   
 $\omega$ : Açısal hız, rad/s



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Yağlısu arıtıcısı	6
Şekil 2.2. Geri yıkamalı yağlısu arıtıcısı	8
Şekil 2.3. Petek şeklinde birleştirici plakalar	9
Şekil 2.4. Dikey tip yağlısu arıtıcısı	10
Şekil 2.5. Konvansiyonel tarzda çalışan bir yağlısu arıtıcısı	12
Şekil 2.6. Filtre ve yağlısu arıtma cihazının birlikte kullanıldığı bir sistem	13
Şekil 3.1. Basit çökeltme kapları	16
Şekil 3.2. Yatay plakalı çökeltme kabı	18
Şekil 3.3. Açılı plakalı çökeltme kabı	19
Şekil 3.4. İki sıvı ve katı partiküllerin sürekli ortamdaki çökeltme kabı	20
Şekil 3.5. Santrifüj kuvvet uygulanan basit çökeltme kabı	21
Şekil 3.6. Diskli enli kablı ve tüp tipi kablı arıtıcılar	24
Şekil 3.7. Dinlendirme tankında ve santrifüj etkili kaptaki ara yüzey teşkili	25
Şekil 3.8. Artıkların püskürtme ile dışarı alınması	27
Şekil 3.9. Basit katı partikül ayırıştırma kabı	28
Şekil 3.10. Limit katı partikülün çökeltme kanalında izlediği yol	30
Şekil 3.11. Klerifayer (Katı partikül arıtıcı)	33
Şekil 3.12. Purifayer (İki sıvının ayırıştırılması)	34
Şekil 3.13. Ara yüzey oluşumu	35
Şekil 3.14. Yoğunluğun sıcaklığa göre değişimi	37
Şekil 3.15. Sıcaklık ile viskozite değerinin değişimi	38
Şekil 3.16. Arıtmadan önceki ve sonraki partikül dağılımı	39
Şekil 3.17. İyi ve kaba karışımların arıtım öncesi ve sonrası partikül dağılımı	40
Şekil 3.18. Partikül dağılımının akış değerine etkisi	41
Şekil 3.19. Büyük ve küçük boy makinaların yağlama yağı arıtma sistemleri	42
Şekil 3.20. Atıkların çevresel boşaltımı	44
Şekil 3.21. Özgül ağırlık disk seçimi	46
Şekil 3.22. Arıtılan yağın özelliklerine göre aşılmaması gereken debi	47
Şekil 3.23. Sürekli ortamda çalışan santrifüj arıtıcı sistemi	48
Şekil 3.24. Santrifüj arıtıcının kesit görünümü	49
Şekil 3.25. Purifayer kap düzeni	50
Şekil 3.26. Klerifayer kap düzeni	50

Şekil 3.27. Kullanım sonrası örnek disk görünümü	52
Şekil 3.28. Yoğunluk değerine göre ara yüzey oluşumu ve özgül ağırlık hassasiyeti değişimi	53
Şekil 3.29. ALCAP FOPX/MFPX arıtıcı	55
Şekil 3.30. ALCAP FOPX/MFPX EPC-400 kontrol elemanı	56
Şekil 3.31. Su hissedicisi tetikleme değeri grafiği	56
Şekil 3.32. FOPX/MFPX ağır yakıt arıtma sistemi	58
Şekil 3.33. Sabit akış kontrolü	59
Şekil 3.34. Arıtma sıcaklık kontrolü	60
Şekil 3.35. LOPX yağlama yağı arıtıcısı	63
Şekil 3.36. LOPX yağlama yağı arıtma sistemi	64
Şekil 4.1. Kimyasal pis su arıtma sistemi	71
Şekil 4.2. Fiziksel/kimyasal pis su arıtma sistemi	72
Şekil 4.3. Elektrolitik pis su arıtma sistemi akım şeması	73
Şekil 4.4. Elektrolitik pis su arıtma sistemi genel görünümü	74
Şekil 4.5. Hava ejekteri	79
Şekil 4.6. Biyolojik pis su arıtma sistemi akış şeması	80
Şekil 4.7. Biyolojik pis su arıtma sistemi genel görünümü	81
Şekil 4.8. Kızıl ötesi ışınla dezenfekte yöntemi	83
Şekil 5.1. Atık yakıcı	87
Şekil 5.2. Katalitik konvertör	89
Şekil 5.3. Üre kullanan katalitik konvertör	90

## TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1. Boşaltma bağlantıları için flanşların standart ölçüleri	3
Tablo 3.1. Süreksiz ortamda çalışan arıtıcı tiplerine ait bilgiler	23
Tablo 3.2. FOPX/MFPX arıtıcı modellerinin kapasiteleri	58
Tablo 3.3. Su temizleme test değerleri	61
Tablo 3.4. Su ve alüminyum partiküllerinin arıtılması test değerleri	62
Tablo 3.5. Katı partikül arıtma test değerleri	62
Tablo 3.6. Boyut faktörü	64
Tablo 3.7. LOPX arıtıcı modellerinin kapasiteleri	65
Tablo 4.1. IMO ve Bazı Ülkeler Tarafından Kabul Edilmiş Pis Su Sistem Kalite Standartları	68
Tablo 4.2. Standart pis su boşaltım sistemleri	70
Tablo 4.3. Taşıntı hesaplama tablosu	77
Tablo 4.4. Pis su akış çarpanları tablosu	77
Tablo 4.5. Pis su kaynakları tablosu	78
Tablo 4.6. Pis su kaynakları ortalama akış tablosu	78
Tablo 4.7. OMNIPURE pis su arıtma sistem kapasiteleri	79

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendirerek, çalıőmam sırasında bana her türlü desteği ve yakınlığı gösteren tez danışmanım ve hocam Sayın Prof.Dr.Oğuz Soylu'ya; tez çalıőmamın yazılmasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Mak.Müh. Yücel Erdallı'ya ve bana sürekli destek olan Eőim Dr. Semiha Keskin'e teşekkür ederim.

İSTANBUL 1995

Serdar Keskin



## ÖZET

Denizlerde faaliyet gösteren gemilerin yarattığı kirlilik uzun zamanlardan beri üzerinde düşünülen bir konudur. Geçmişte gemiler tüm artıklarını ve atıklarını açık denize yada kara sularına boşaltırlardı. 1970'li yılların başlarında uluslararası kuruluşlar denizlerin gemilerden yaratılan kirliliği önlemek için bir takım kurallar yürürlüğe koymuşlardır. Sonuç olarak gemilerdeki sistemlere ek olarak yeni sistemler bulundurmaları zorunluluğu doğmuştur. Petrol türevlerinin, yağım sularının, banyo sularının deniz doğasında bulunan canlılara verdiği zarar bu kuralların uygulanmasındaki zorunluluğunu ortaya koymuştur.

Gemilerde pis suyun arıtılmasında; toplama ve tutma, parçalama ve klorlama, fiziksel ayırıştırma, fiziksel/kimyasal arıtma ve biyolojik arıtma yöntemleri kullanılmaktadır.

Yağlısu arıtıcıları su ve yağ arasındaki özgül ağırlık farklılığından faydalanarak arıtma yapar. Çoğu yağlısu arıtıcıları üç kısımdan oluşur. Birincisi özgül ağırlık farklılığının yarattığı etkinin kullanıldığı ve büyük boyutlu yağ damlacıklarının yükseldiği kısımdır. Bu kısımda aynı zamanda katı partikül çökmeside oluşur. İkinci bölüm ise küçük boyutlu yağ/yakıt damlacıklarının birleştirilerek yeterli yükselme hızına sahip büyük boyutlu damlacıkların oluşturulduğu birleştirici plakalar kısmıdır. Bu kısımda, birinci kısımda çökme için yeterli zamanı bulamayan katı partiküllerde çöker. Üçüncü kısma kadar akış hızına, kullanılan pompa tipine ve arıtıcı cinsine kadar 100 ppm'e kadar ayırıştırma yapılabilir. Yağlısuyun istenilen standartlardaki 15 ppm'lik değere ulaşmasını ise üçüncü kısım yani son birleştirici plakalar sağlar.

Dizel motorlarda ve türbinlerde verimli çalışmayı sağlamak amacıyla yağlama yağı ve akaryakıt içindeki yabancı maddelerin arıtılması gerekmektedir. Bu kirlilikler metal parçacıkları, su, kül ve çeşitli asitler olabilir. Bu kirlilik yaratıcı maddelerin arıtılmasında santrifüj kuvvet, filtrasyon ve birleştirme yöntemleri kullanılır. Fakat bu yöntemlerden en etkin olanı santrifüj etkidir. Santrifüj arıtıcılar yağın yada yakıtın içinden suyun alınmasında ve katı partikül kirliliğinin alınmasında kullanılırlar. İki sıvının birbirinden ayırıştırılması olayına "Purifikasyon", sıvı içinden katı partikül ayırıştırılmasına "Klerifikasyon" adı verilir.

Denizlerin gemilerden oluşan kirliliğini önlemek konusunda yapılan titiz çalışmalar ve kısıtlamalar elde edilen atıkların gemide toplanmasına neden olmuştur. Gemilerde kullanılan uygun nitelikli yakıcılar ile atık su arıtma sisteminin atıkları ve yağlısu arıtıcısının petrol türevi atıkları yakılabilmektedir. Böylelikle gemideki tüm atıkları yok edebilen bir cihaz kullanılabilmektedir.

Doğaya olan zararları bilinen CO, NO<sub>x</sub> ve HC'lı emülsiyonların kaynaklarından biride içten yanmalı makinalardır. Katalitik konvertörler bu emülsiyonları kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadırlar.

## SUMMARY

Ship designers and ship operators have always found it necessary to deal with trash, garbage, and sewage resulting from the ship's operation. In the past when environmental concerns had not yet reached a high priority, waste materials were usually dumped in the oceans. Untreated sewage was often flushed in the world's harbors while the vessels were in port. Since the early 1970s, a complicated set of national and international regulations, laws, protocols, and agreements have placed restrictions on the discharge of waste into the sea, and have required ship designers to incorporate new systems to handle the waste. As a result, the shipboard engineer officer has additional systems to operate and maintain.

The need for such legislation is that free oil, oily emulsions, sewage and waste water discharged in a waterway can interfere with natural processes such as photosynthesis and re-aeration, resulting in destruction of the algae and plankton so essential to fish life. The methods now in use on ships for the treatment of sewage include the following: collection and retention; maceration and chlorination; physical separation; physical/chemical treatment; and biological treatment. The principle of separation by oil/water separators function is the gravity differential between oil and water. Most oily water separators consist of three stages. The first, a gravimetric stage, involves a simple chamber where the velocity of the mixture is reduced to permit large oil globules to rise to the surface and heavier debris to settle. The second stage is usually an inclined plate coalescer in which a series of plates. The plates can be either in line with the flow or across the flow and collect the small oil droplets on the underside of one plate, allowing the droplets to coalesce with the larger globules and then escape at the top of the plate pack, while the solid debris particles fall and collect on the upper surface of the lower plates, gradually sliding to the bottom of the separator. Dependent upon flow rate, pump type, etc., the plate type separator can produce very good effluents, certainly below 100 ppm. However, very few are capable of performing to the 15 ppm standard and to meet this higher quality an additional polisher coalescer is fitted. The third stage of an oily water separator consists of a polisher coalescer usually made of a fibrous or knitted material.

To ensure good combustion in diesel engines and reduce wear and corrosion in this type of engine and in turbines it may be necessary to remove certain impurities from fuel and lubricating oils. These include ash, various salts and water present in fuel oil and carbonaceous matter, metals, acids and water present in used lubricating oil. When the impurities are heterogeneous i.e. suspended solids or immiscible liquids, they can be removed reasonably successfully by one or more of a number of methods. The main methods used at sea are centrifuging, filtration and coalescing. Of these three methods centrifuging is the most widely used. The centrifugal separator is used to separate two liquids, for example oil and water, or a liquid and solids as in contaminated oil. Separation is speeded up by the use of a centrifuge and can be arranged as a continuous process. where a centrifuge is arranged to separate two liquids, it is known as a "purifier". Where a centrifuge is arranged to separate impurities and small amounts of water from oil it is known as "clarifier".

Stricter legislation with regard to pollution of the sea, limits and, in some instances, completely bans the discharge of untreated waste water, sewage, waste oil and sludge. The ultimate situation of no discharge can be achieved by the use of a suitable incinerator. When used in conjunction with a sewage plant and with facilities for burning oil sludges, the incinerator forms a complete waste disposal package.

One of the sources of  $\text{NO}_x$ , CO, and HC emissions is the combustion of fossil fuels in internal combustion engines. Catalytic controls have been used effectively for many years to control these emissions from automobiles and stationary richburning engines.

## 1.0. GİRİŞ

Günümüzde düzensiz biçimde yerleşen ve teknolojiyi geliştiren insanlar dünya üzerinde çevre sorunları meydana getirmişlerdir. Bunlardan kurtulabilmek ya da en aza indirebilmek için çareler aranmaya tedbirler alınmaya başlanmıştır. Su, kara ve havada meydana gelen kirlenmeler doğal çevrimlerini meydana getirirken daima denizlere karıştığı için denizler pek çok kirliliğin toplandığı alan olmaktadır.

Denizlerde seyretmekte olan her çeşit gemi tarafından insan artığı ya da akaryakıt artığı olarak denizlere aktarılan kirlilik, denizlerin denizden kirlenmesini kapsar. Bu kirliliği önleme faaliyetleri uluslararası ortamda çok yoğunluk kazanmıştır. Bütün sefer yapan araçlarda belirli niteliklerin aranmasını ve her memleketin karasularında gemilerin kirletme yapmaması için denetleme yapmaları öngörülmektedir. Hükümetlerarası Denizcilik Teşkilatının (IMO) Uluslararası İlişkiler ve Güvenlik alt komisyonunda ele alınan IMCO, 1971 Londra Anlaşması Deniz Hukuku Konferansının üçüncü alt komisyonu çalışmaları bu konuda çok önemli tedbirleri içermektedir. Bu anlaşmalara imza koymuş olsun ya da olmasın, bir memleketin gemileri bu şartlara uymadığı takdirde, dünyanın büyük limanlarına ve pek çok memleketin kara sularına sokulmamaktadırlar. IMCO'nun çalışmaları sonucu ortaya çıkan ve Deniz kirlenmesinin önlenmesini sağlayan çalışmalar "MARPOL" kaideleri adıyla anılmaktadır (Odman ve diğerleri, 1986).

Bu kaideler; gemilerden denize tüm yabancı ve zararlı maddelerin boşaltımı ya uygun kara tesislerine ya da gemi özel tanklarında depolanmış olanların, özel kriterler ve prosedürler uygulanarak denize basılabileceğini belirtir. Yine bu sözleşme gemilerin hiçbir şekilde karadan dört milden daha yakın mesafede denize pis suları boşaltamayacağını, ancak geminin çalışır ve kabul edilmiş bir tesisi olması halinde, 4-12 millik sınır içinde katı artıkların ufalandırılarak ve dezenfekte edilerek denize boşaltılabileceğini kapsar. Ayrıca çöplerin yok edilmesi ve plastiklerin denize atılmaması yasaklarını içerir. Şimdiye kadar belirttiğimiz hususlar çerçevesinde gemide oluşabilecek pis su tabir edilen kullanım sularının ve gemi sintinesinde oluşabilecek yağlısuların boşaltılabilmesi bazı kurallara bağlanmıştır. Denizin, denizden kirlenmesinin önlenmesinde yağlısu arıtıcıları (Sintine separatörü) ve pis su arıtma sistemleri kullanılmaktadır.

Yağlısu arıtıcıları yağ ve su arasındaki özgül ağırlık farklılığını kullanarak sürekli viskoz ortam içerisinde ayrıştırılması prensibi ile çalışırlar. Pis su arıtma sistemleri ise fiziki/kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri olarak iki ayrı prensipte çalışırlar. Fiziki/kimyasal yöntem parçalama ve dezenfekte etmeyi içerir. Biyolojik arıtma ise parçalama, çöktürme ve dezenfekte etme yöntemlerini kapsar.

Gemilerde kullanımı çok yaygın olan yağlama yağı ve yakıt arıtıcılarının kullanımı çevre temizliği kurallarına dayanmayan nedenlerden kaynaklanmaktadır. Yağlama yağı ve yakıttan istenmeyen maddelerin temizlenmesini sağlayan bu cihazlar gemi makineleri işletmecisi için çok önemlidir. Dizel motorlarında uzun süre kullanılan yağlama yağlarının rengi koyulaşır ve kirlenir. Yüksek güçlü dizel motorlarında büyük miktarda (8 tona varan miktarlar mevcuttur) yağlama yağı dolaştırmak gerekir (Küçükşahin, 1988). Bu bakımdan yabancı artıkların yada maddelerin yağ devrelerinde yığılması ve birikmelerine engel olmak amacıyla arıtıcılardan yararlanılır. Gemi dizel makinelerinde kullanılan akaryakıtların arıtıcılarla temizlenmesi onarım ve bakım giderlerinin %50 oranında azalmasına ve makina veriminin yükselmesine yardımcı olur. Bu arıtıcılar ile yakıtların içerisine çeşitli sebeplerle karışabilecek olan su ve katı partiküller temizlenir. Yağlama yağı ve yakıt arıtıcıları; oluşturulan yüksek santrifüj kuvvet etkisi altında, farklı özgül ağırlıkta bulunan maddelerin, yağlama yağı ya da yakıttan ayrılması ilkesine göre çalışmaktadırlar. Yağlısu arıtıcıları yağ/yakıt arıtıcıları ve pis su arıtma cihazları ile ilgili teorik açıklamalar, cihazların açık şemaları ile birlikte verilmiştir.

## 2.0. YAĞLISU ARITICILARI (SİNTİNE SEPARATÖRLERİ)

Deniz araçlarının makina dairesi sintinesinde biriken su, yağ, akaryakıt gibi sıvıların oluşturduğu yağlısu (petrollü) karışımlarının direkt olarak denize atılması nedeniyle doğan çevre kirliliğini önlemek için MARPOL kaideleri olarak bilinen "IMO" teşkilatınca uygulanan kuralların kısa bir özeti aşağıda verilmiştir. 400 ve daha yukarı tonajdaki her gemi ile her tonajdaki petrol tankerleri yağlısu ayırma cihazı bulundurmak zorundadır. 400 gros tondan daha az tonajda olan gemilerin yağlısu karışımlarını gemide alıkoyabilecek ve boşaltımlarını sahil tesislerine yapabilecek tank ve donanımlara sahip olması gerekmektedir. Ayırma cihazı bulunduran gemilerde de ayırma cihazından elde edilen makina dairesi sintine kalıntılarının depolanması ve daha sonra alma tesislerine boşaltımı için uygun boyutta tank (çamur tankı) ve boşaltım donanımları bulunmak zorundadır. Bu donanımlar standart olarak Tablo 2.1'de verildiği ölçülerde her iki alabandada olmak üzere iki adet olmalıdır (Odman ve diğerleri, 1986)

Tablo 2.1. Boşaltma bağlantıları için flanşların standart ölçüleri

Tanım	Ölçüler (Açıklamalar)
Dış çap	215 mm
İç çap	Borunun dış çapına uygun olacak
Civata daire çapı	183 mm
Flanşlardaki delik	Yukarıda belirlenen ölçüdeki civata dairesi üzerinde flanş yüzüne eşit aralıkla 22 mm çapında 6 delik açılacak, her delik genişliği 22 mm olacaktır.
Flanş kalınlığı	20 mm
Civata ve somun adedi; çapı	6 adet, her biri 20 mm çapında ve uygun uzunlukta

Flanşlar iç çapı, en çok 125 cm'ye kadar olan boruları içine alacak şekilde dizayn edilirler. Kullanılan conta ve flanş 6 bar çalışma basıncına uygun nitelikte yapılır.

Üzerinde ayrıştırma cihazı bulunan bir gemi eğer özel alan olarak tanımlanan körfez ve iç sular gibi yerlerde değil ise en yakın karadan 12 deniz mili daha uzakta ve yoluna devam ederken 100 ppm değerinde atık bulunan yağlı suyu denize boşaltabilir. 10000 gros tondan büyük gemiler ise 15 ppm'den daha yukarıda bulunan bir sıvı atığı denize atamazlar. Sintine atığı 15 ppm değerinden küçük miktarlarda olan gemiler için bu kurallar uygulanmaz, dikkat edilecek husus geminin seyir halinde olması ve atıkların geminin yükü ile karışmamış olmasıdır.

Yağlısu arıtıcıları; suyun özgül ağırlık, viskozite, yüzey gerilim gibi özelliklerinin yağ ve akaryakıtlarinkinden farklı olmasından yararlanılarak çalıştırılırlar. Yağ ve akaryakıt karışık su, sistem içinde çeşitli kanallarda dolaştırılırken filtre ve engellerle karşılaştıklarında özgül ağırlığı düşük olan yağ ve yakıt üst bölmelerde toplanma eğiliminde bulunurlar. Bu işlemler son bölüme gelindiğinde yağ ve yakıtın sudan ayrılarak ayrı bir çıkıştan alınması ile son bulur.

### 2.1. Yağlısu arıtıcılarının çalışma prensibi

Yağlısu karışımlarında yağ çeşitli boyutlarda küresel formda bulunur. Bu küreciklerin su içinde hareket etmesini sağlayan kuvvetin büyüklüğü eşit hacimdeki su ve yağ partiküllerinin özgül ağırlık farkları ile doğru orantılıdır. Bu kuvvete yerçekimi kuvveti denir ve aşağıdaki gibi ifade edilir (Smith, 1983).

$$F_g = \frac{\pi}{6} D^3 (\rho_g - \rho_w) g \quad (2.1)$$

Bu ifade sürekli viskoz ortam olan su içinde D çapındaki yağ yada yakıt damlacığı için ifade edilmiş olup  $\rho_w$  suyun yoğunluğunu,  $\rho_p$  yağın yoğunluğunu, g yerçekimi ivmesini tanımlamaktadır. Damlacığın su içindeki hareketine karşı oluşan direnç kuvveti damlacığın çapına ve sıvının viskozitesine bağlıdır (Smith, 1983).

$$F_D = 3\pi\mu V_p D \quad (2.2)$$

2.2 eşitliğinde  $V_p$  partikülün hızını,  $D$  ise çapını göstermektedir. Partiküller, viskoz bir ortama yerçekimi kuvveti etkisi altında girdiği zaman belirli bir zaman sonra sabit bir hıza ulaşır. Bunun nedeni yerçekimi kuvveti ile direnç kuvvetinin dengelenmesidir. Bu sabit hıza terminal hız denir ve  $V_g$  ile gösterilir.

2.1 ve 2.2 ifadelerinin birbirlerine eşitlenip hızın çekilmesi sonucu elde edilen terminal hızı Stokes laminar bölge için (Smith, 1983);

$$V_g = \left(\frac{g}{18\mu}\right) (\rho_p - \rho_w) D^2 \quad (2.3)$$

şeklinde ifade etmiştir. Aynı terminal hız geçiş bölgesi için;

$$V_g = 0.20 \left[ g \frac{(\rho_p - \rho_w)}{\rho_w} \right]^{0.72} \frac{D^{1.18}}{(\mu/\rho_w)^{0.45}} \quad (2.4)$$

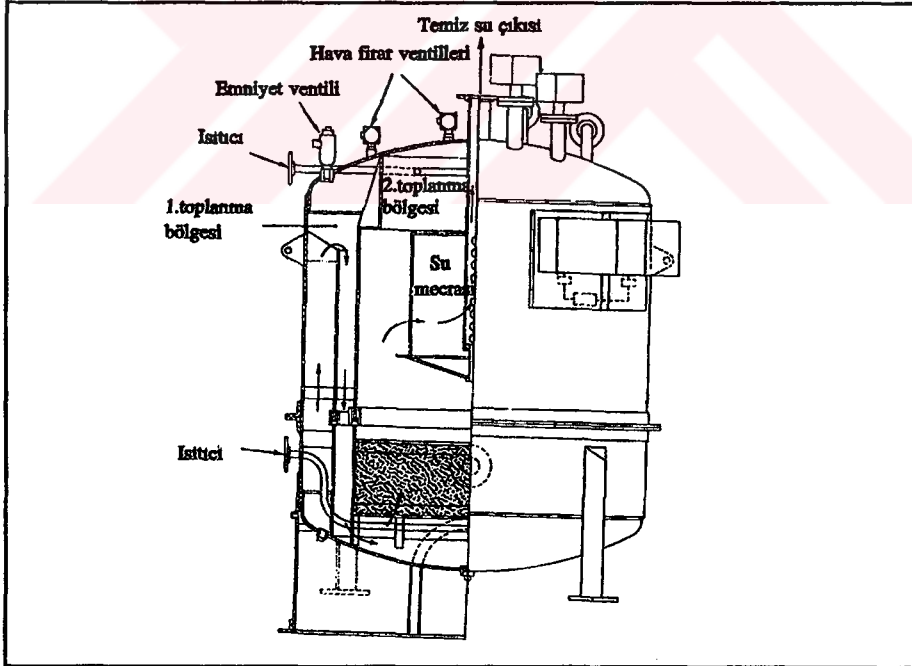
türbülanslı akım için;

$$V_g = 1.74 \left[ g \frac{(\rho_p - \rho_w)}{\rho_w} \right]^{0.50} D^{0.50} \quad (2.5)$$

olarak tanımlanmıştır (Soğukoğlu, 1994). Yağlısu arıtıcılarında akışın laminar bölgede olması arzu edildiği için, terminal hız 2.3 eşitliğindeki gibi kabul edilir. Türbülanslı akımda yağ ve su damlacıkları birbirinden ayıramaz karışımlar oluşturabilirler. 2.3 eşitliğinde görüldüğü gibi partikül yoğunluğu sürekli ortamın yoğunluğundan küçük ise  $V_g$  hızı negatif (-) olur ve partikül yüzeye doğru hareket eder. Partikül yoğunluğunun büyük olması durumunda ise  $V_g$  pozitif (+) olur ve çökelme oluşur. Sürekli ortam olan suya göre yağ ve yakıt damlacıkları daha küçük yoğunluğa sahiptirler ve yükselirler. Partiküllerin çapının büyük olması ve sürekli faz olan suyun viskozite değeri ile yağ ve su arasındaki yoğunluk farklarının büyüklüğü, büyük terminal hızını (yükselme hızı) yaratır. Deniz araçlarında kullanılan yağlısu arıtıcılarında viskoz ortam olarak deniz suyu

kullanılır. Deniz suyunun yoğunluğunun yüksek olması arıtıcı verimini artırıcı bir rol oynar. Yüksek bir ayrıştırma hızına ulaşmak için yağ damlacıklarının boyutları büyütülmeye çalışılır. Sistem içindeki akışın ise laminar bölgeden uzaklaşmamasının sağlanması gerekir. Kritik bölge ve türbülanslı akım bölgelerinde su ve yağ damlacıkları yeniden birleşme eğilimi gösterirler. Tüm sistemlerde temiz su çıkışında bulunan hissedici, su içindeki yabancı partikülleri sayar. Verilen değer üstündeki miktarı tespit ettiğinde çıkışı kapatır ve sistemi tekrar yağlısu toplama tankına bağlar. Su çıkışı istenilen saflığa sahip ise denize bırakılır. Temizlenen yağ ve yakıt çamur tankına gönderilir.

Deniz araçlarında kullanılan yağlısu arıtıcılarının hemen hemen hepsinde ısıtıcılar mevcuttur. Bu ısıtıcılar sayesinde yüksek viskozite değerine sahip yağların akıcılığı artırılarak laminar akım sınırlarında akım oluşumu teşvik edilir. Partikül yani damla boyutlarını büyütme amacıyla birleştirici plakalar kullanılır. Tüm yağlısu arıtıcılarının çalışma prensipleri aynıdır. Yağlısu arıtıcılarına birinci örnek Şekil 2.1'de görülmektedir (Smith, 1983).

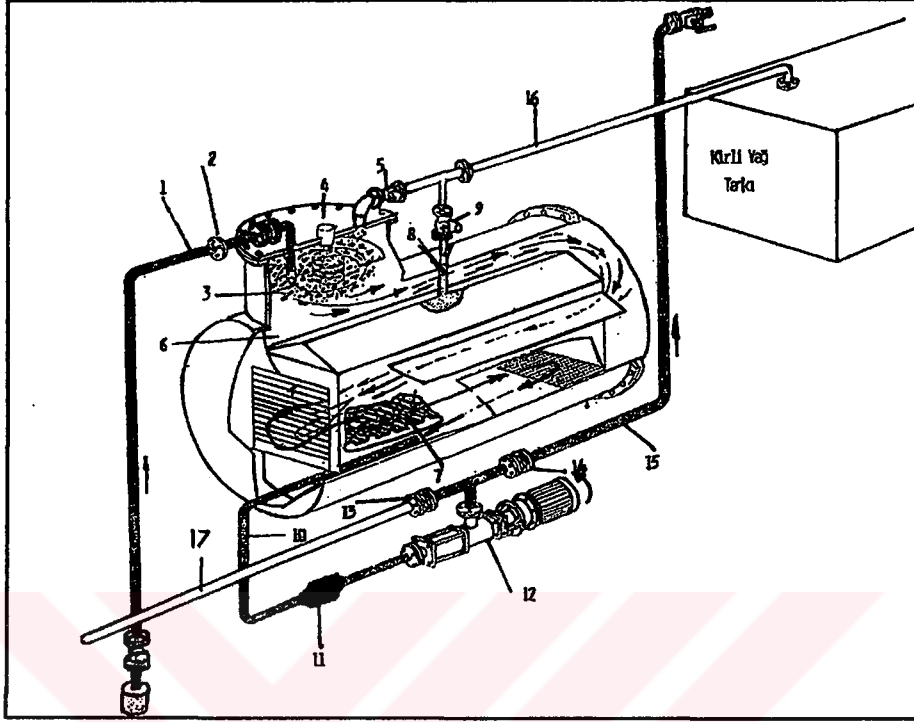


Şekil 2.1. Yağlısu arıtıcısı

Bu arıtıcı tipi 5 ton/saat akış kapasitesine sahiptir. Buhar ısıtmalı bir sistemdir. Yağlısu sintine pompası adı verilen besleme pompası vasıtası ile arıtıcıya basılır. Geri dönüşsüz bir vanadan (çek valf) geçen yağlısu, arıtıcının dış çevresel zarfından içeri girer. Büyük boyutlu damlacıkların ayrıştığı ilk toplanma bölgesine doğru dikey olarak hareket eder. Bu bölgede büyük damlacıklar yükselme hızı nedeniyle sudan ayrılırlar. Su iç taraftaki çevresel bölgeden aşağıya doğru hareketine devam eder. Arıtıcının alt kısmında bulunan birleştirici plakalara alçak bir hızla girer. Yağ damlacıkları bu plakalar içinde tutunarak suya nazaran daha yavaş bir akış hızına sahip olurlar. Bu plakalar delikli ikinci bir plaka tabakası ile çevrilidir. Yağ damlacıkları yüksek viskozite değeri ve yüzey gerilim değerleri nedeniyle bu delikli plakalardan geçerken birleşirler. Yeterli yüzme yeteneğine sahip olan bu yağ damlacıkları yüksek terminal hızına ulaşarak ikinci toplanma bölgesinde toplanırlar. Bu arada su ise su toplama kanallarından geçerek su çıkış borusuna yönelir. Birinci ve ikinci yağ toplanma bölgelerinde toplanan yağlar yağ çıkış borusundan dışarı alınırlar. Isıtıcı, yağ toplanma bölgelerindeki yağı ve su çıkışındaki suyu ısıtarak akışın hızlanmasını sağlar. Birleştirici tabakalar 12 mm çapına kadar yağ damlacıkları oluşturabilirler. Pompa ile arıtıcı arasında bir filtre bulunması faydalı olur. Bu filtre sayesinde birleştirici plakalarda tıkanma söz konusu olmaz. Birleştirici plakalar daha verimli çalışır ve temizleme işlemi arasındaki periyodik zaman uzar. Arıtıcılar otomatik olarak çalışan sistemlerdir. Bu nedenle cihaz üzerinde bunu sağlayacak elemanlar bulunur. Bunlar, elektronik hissediciler, pnomatik/elektriksel vanalar ve kontrol sistemini oluşturan diğer elemanlardır. Pnomatik/elektriksel vanalar, biriken yağ üst seviyeye gelince açılır, boşalınca kapanır. Arıtıcı içinde birikebilecek olan hava elektronik hissedicileri yanıtabilir. Bu nedenle arıtıcı üzerinde hava firar ventilleri bulunur. Bunların bir adedi birinci yağ toplanma bölgesinde diğeri ise ikinci yağ toplanma bölgesinde bulunur. Su çıkışı üzerinde bulunan hissedici, temizlenmiş su içindeki yağ/yakıt partikül sayısının 15 ppm'den az olması durumunda çıkışı denize, yüksek olması durumunda ise tekrar yağlısu toplama tankına bağlar.

Sintine arıtıcılarının ilk çalıştırmalarında kullanıma hazırlamak maksadıyla sisteme temiz su alınmalıdır. Bu arıtıcı tipinde % 25 yağ konsantrasyonuna sahip bir yağlısuda 15 mg/l'te varan yağ temizleme oranları elde edilebilmiştir.

Yağlısu arıtıcılarına ikinci örnek Şekil 2.2'de verilmiştir (DVZ Services). Bu örnek sistemde biri normal çalışma diğeri geri yıkama olmak üzere iki türlü çalışma konumu mevcuttur.

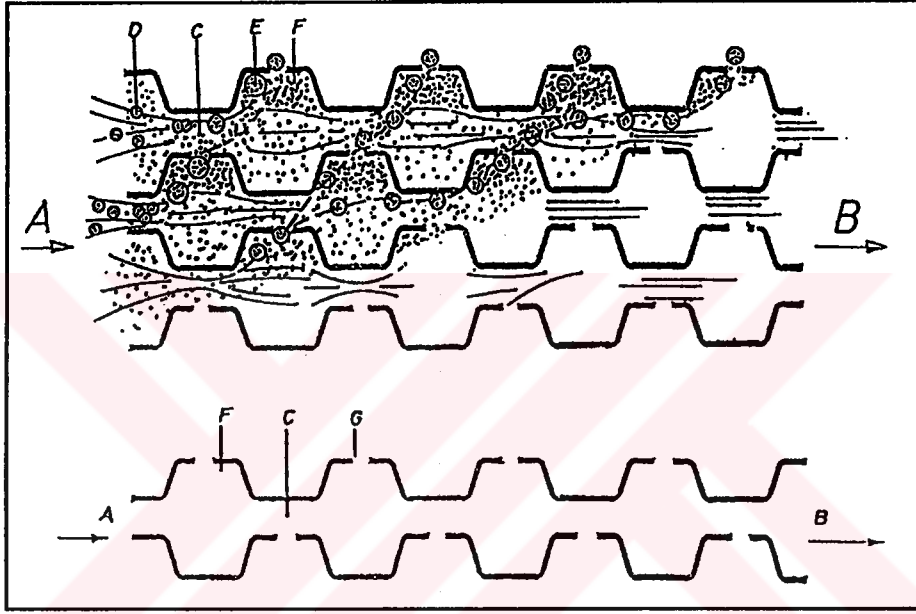


Şekil 2.2. Geri yıkamalı yağlısu arıtıcısı

1-Yağlısu emiş devresi, 2-Çek valf, 3-Siklonik bölge, 4-Yağ hissedicisi, 5-Elk./Pnomatik boşaltım vanası, 6-Katı partikül toplanma bölgesi, 7-Birleştirici plakalar, 8-Yağ hissedicisi, 9-Elk./Pnomatik boşaltım vanası, 10-Pompa emiş devresi, 11-Filtre, 12-İki dönüş yönlü pompa, 13-Çek valf 14-Çek valf, 15-Temiz su çıkışı, 16-Kirli yağ çıkışı, 17-Geri yıkama konumunda denizden su emiş devresi

Normal çalışma konumunda yağlısu sisteme sintineden 1 nolu bağlantı elemanı aracılığı ile pompa tarafından emilir. 2 numara ile gösterilen eleman geri döndürmez bir vanadır (çek valf). Geri yıkama konumunda denizden emilen suyun sintineye kaçmasını engeller. Birinci bölge olan 3 nolu bölgede siklonik bir akım oluşturulur. Bu bölgenin oluşmasında dikkat edilecek en önemli husus türbülanslı akım tehlikesidir. Siklonik akım burada santrifüj etkisi ile hafif olan yağ/yakıt damlacıklarını merkeze; su ve katı partikülleri çevreye doğru hareketlendirir. Merkezde yeterli yağ partikülleri toplandığını algılayan 4 numaralı hissedici, 5 numaralı elektrikli/pnomatik vanaya kumanda ederek kirli yağın dışarı alınmasını sağlar. Bu arada dönme hareketi nedeniyle çevreye saçılan akışkan siklonik bölgeyi terk ederek 6 numaralı çöktürme alanına yönelir. Bu bölgede yerçekimi kuvveti etkisi altında özgül ağırlığı su ve yağdan büyük olan katı partiküller çökerler. Bu iki bölgeden geçen ve içinde kısmen yağ bulunduran su alt bölümdeki petek şeklindeki

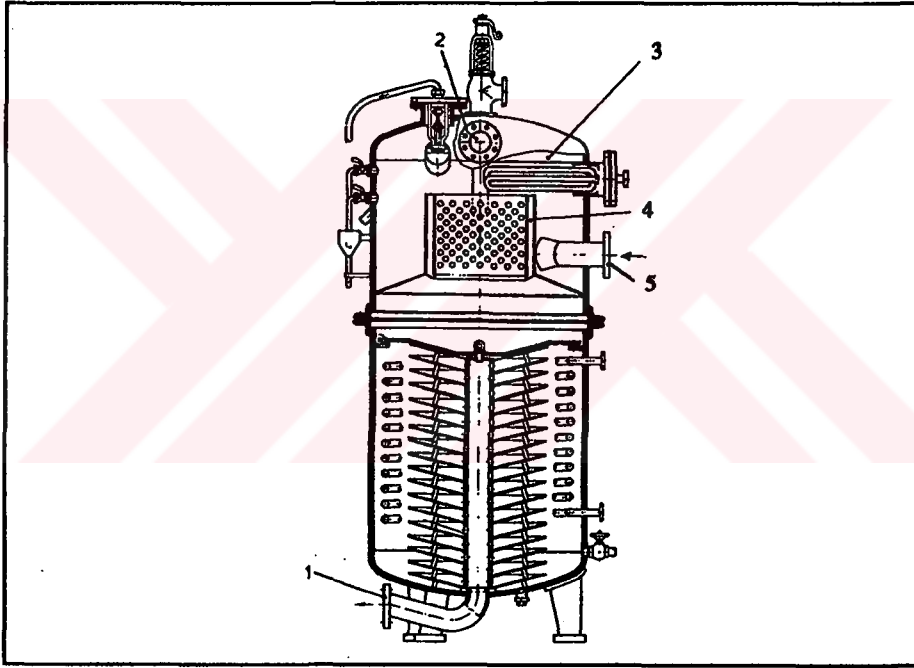
birleştirici plakalara doğru hareketlenir. Bu plakalarda yeterli yüzebilme yeteneğine sahip olmayan yağ damlacıkları büyütülerek yeterli boyutlara getirilirler. Bu şekilde yüzen yağ damlacıkları 6 numaralı çöktürme alanının altında toplanırlar. 8 numaralı hissedici yeterli yağ toplandığını gözleyince biriken yağ 9 numaralı elektriksel/pnömatik vana açılarak dışarı alınır. 7 numara ile gösterilen petek şeklindeki plakalar açık olarak Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Petek şeklinde birleştirici plakalar

Siklonik akım bölgesinde ön arıtma işlemine uğrayan yağlısu petek şeklindeki plakalara "A" tarafından girer. Su "B" bölgesine doğru hareketlenirken yoğunluk farkı nedeniyle oluşan terminal hız yağ damlacıklarını yukarı doğru hareketlendirir. Küçük yağ damlacıkları çarpışma ve plakaların birleştirme niteliği sayesinde daha büyük damlacıklar haline dönüşürler. Büyüyen damlacıklar yukarı doğru terminal hızlarını arttırarak, daha az bir yatay akış hızının olduğu "F" bölgesine doğru taşınırlar. Böylelikle "G" birleştirici deliklerinden bir üst plakaya geçerken yağın yüksek viskozite değeri ve yüzey gerilim değeri nedeniyle büyük damlacıklar oluştururlar. Büyüyen damlacıklar son plakadanda geçerek yağ toplanma bölgesine ulaşırlar ve "8" numaralı vana açılarak dışarı alınırlar. Şekil 2.3'de "D" küçük damlacıkları "C" çarpışma bölgelerini, "E" büyük damlacıkları göstermektedir. Bu akış Şekil 2.2'de gösterildiği gibi pompa sağa dönüş yönünde iken sürer. "4" numaralı hissedici

temiz su algıladığı zaman geri yıkama işlemini başlatır. Bu işlem için pompa dönüş yönü değişir. Pompa dönüş yönünün değişmesi ile bu kez denizden temiz su emilir, petek şeklindeki plakalardan geçen deniz suyu "6" numaralı çökeltme bölgesinde biriken partikülleri "4" numaralı bölgeye sürer. "4" numaralı hissedici tekrar kirlilik tespit ettiğinde "5" numaralı vanayı açarak dışarı boşalmasını sağlar. "4" numaralı hissedici tekrar temiz su algılandığında pompa dönüş yönü değişir. Sintineden emilen yağlısu sisteme dolar. Geri yıkama işlemi sayesinde petek tipi plakalar ve çökeltme alanı temizlenmiş olur. Sistem içindeki basınç pompa tarafından sağlanır. Çıkışta içinde 15 ppm'den az yağ/yakıt damlacıkları bulunan temiz su elde edilir. Toplanan yağ ve yakıt çamur tankına su ise denize basılır. Şekil 2.4'de dikey tip bir yağlısu arıtıcısı görülmektedir (Smith, 1983).



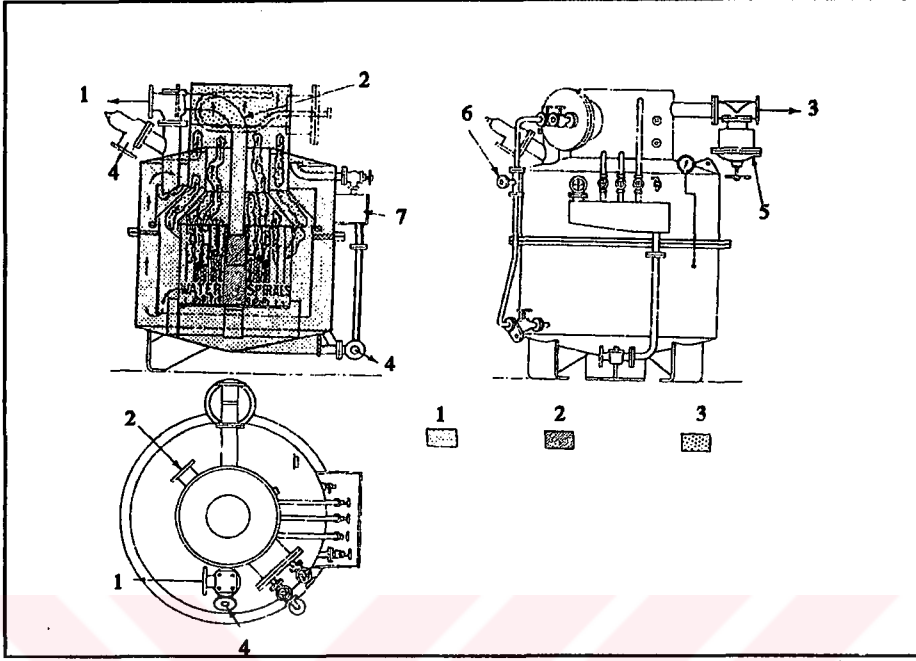
Şekil 2.4. Dikey tip yağlısu arıtıcısı

1-Temiz su çıkışı, 2-Kirli yağ çıkışı, 3-Yağ toplama bölgesi, 4-Yükseltici kanallar, 5-Yağlısu girişi

Arıtıcı birçok konik plakalardan oluşmuş bir eleman içerir. Yağlısu sisteme "5" numaralı elemandan girer. Aşağıya konik levhalara doğru hareketlenen yağlısu karışımında yüksek yüzebilme yeteneğine sahip büyük yağ damlacıkları yukarı doğru hareketlenerek "3" nolu yağ toplama bölgesinde toplanırlar. Küçük boyutlu damlacıklar ise su ile birlikte konik levhalar arasındaki boşluklara doğru

taşınırlar. Levhaların alt yüzeylerinde birikip büyüyen yağ damlacıkları yeterli yükselme hızına ulaşarak yukarıdaki toplama bölgesine doğru taşınırlar. Yükselen bu yağ damlacıkları dairesel kanallarda yakalanarak "4" numaralı yönlendirici borular sayesinde bu toplanma bölgesine ulaşırlar. "3" numaralı bölgede toplanan yağ "2" numaralı çıkış flanşı aracılığı ile dışarı alınır. Bu bölgede toplanan yağ akıcılığının artırılması amacıyla ısıtıcı elemanla ısıtılır. Yağ ve akaryakıttan temizlenen su konik levhaların merkezinde bulunan toplanma borusu aracılığı ile arıtıcının alt tarafındaki "1" numaralı su çıkış flanşından dışarı, denize boşaltılır. Katı partiküller çökerek arıtıcının alt kısmında yada konik levhaların üst kısmında birikirler. Geri yıkama sistemi olmayan bu arıtıcı periyodik zamanlarda açılmalı ve temizlenmelidir. Katı partiküllerin sürüklenerek temiz su çıkışından dışarı taşınmasını önlemek amacıyla bir filtre bulundurulabilir.

Arıtıcı içindeki yağ seviyesini gözlemek amacıyla biri alt diğeri üst kısmında olmak üzere iki adet test musluğu mevcuttur. Alt seviyedeki test musluğunda yağ görüldüğü zaman sistem boşaltılmalıdır. Üst kısımda ise otomatik bir hava firar ventili bulunur. Arıtıcı içindeki yağ seviyesi; hissedici eleman aracılığı ile tespit edilip boşaltma vanasına pnomatik/elektriksel olarak kumanda edilir. Arıtıcının üst kısmında bulunan ısıtıcılara ek olarak çok yüksek viskozite değerine sahip akışkanların bulunduğu suda temizlik yapılıyorsa arıtıcının alt kısmında da ısıtıcılar çalıştırılır. Şekil 2.5'de ise dikey prensipte çalışan bir başka arıtıcı görülmektedir (Smith, 1983).

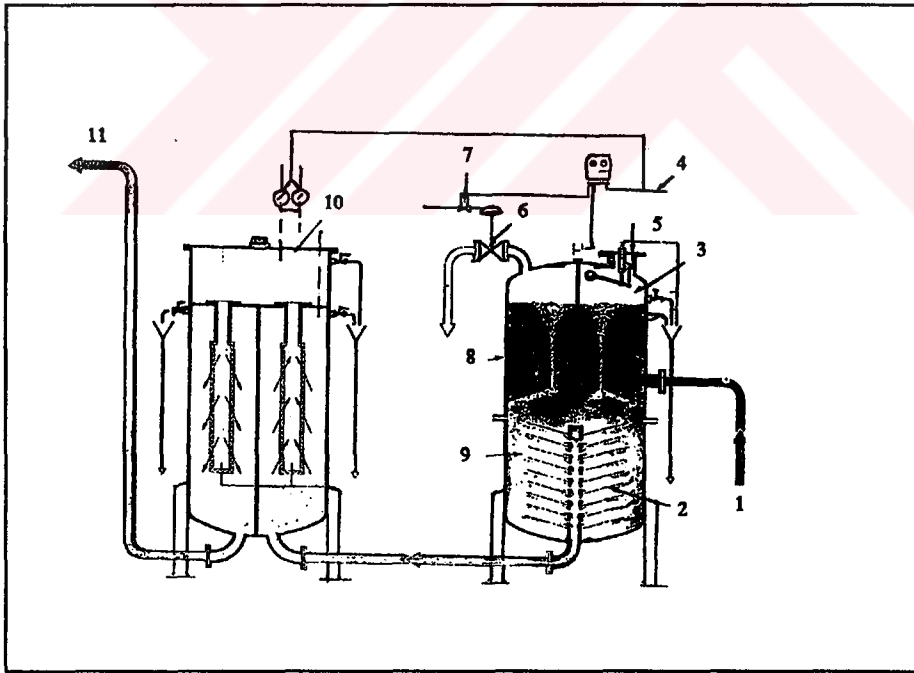


Şekil 2.5. Konvansiyonel tarzda çalışan bir yağlısu arıtıcısı

1-Su, 2-Yağlısu, 3-Temizlenen yağ, 4-Çamur tankına dönüş, 5-Pnomatik kumandalı vana, 6-Isıtıcı buhar girişi, 7-Test muslukları

Yağlısu karışımı sisteme üst taraftan girer. Büyük damlacıklar bu bölümde ayrışır. Kalan yağ damlacıkları ve su, birleştirici plakaların aralarından süzülerek aşağı doğru hareketlenirler. Birleştirici plakalarda büyüyerek yüzme yeteneğine sahip olan yağ damlacıkları yönlendirici kanallar tarafından arıtıcının üst kısmına yollanırlar. Burada biriken yağ, kontrol sistemi tarafından yeterli miktarda olduğu algılandığında otomatik vana tarafından dışarı yani çamur tankına alınırlar. Temiz su cihazın çeperlerinden geçerek gemi bordasından dışarı atılır. Bu dışarı atılan suyun niteliği kontrol edilir. Eğer uygun nitelikte su çıkışı yok ise çıkış tekrar yağlısu yada çamur tankına bağlanır. Isıtma sistemi tüm yağlısu arıtıcılarında olduğu gibi yağların akıcılığını arttırıp verimin artmasını sağlamak içindir. Sistemin alt tarafında bir çamur vanası mevcuttur. Bu vana ile arıtıcının alt kısmında toplanan katı artıklar dışarı alınır. Sistem periyodik zamanlarda tamamen temiz su ile doldurularak temizlenmelidir. Bu sayede sistemde oluşabilecek havada dışarı alınır.

Şekil 2.6 filtre ve yağlısu arıtıcısının birlikte kullanıldığı bir yöntemi göstermektedir (Taylor, 1983). Yağlısu sisteme orta kısımdan girer. Bu bölümde büyük damlacıklar yeterli yüzme yeteneğine sahip olduğu için ayrılarak yağ toplama bölgesine hareketlenirler. Kalan yağlısu karışımı aşağıya doğru tutucu ve birleştirici plakalara hareketlenerek ikinci ayrıştırma bölgesine giderler. Burada ayrılan yağ damlacıkları aynı toplama bölgesine ulaşırlar. Temiz su merkezdeki borudan dışarı alınır. Bu suyun saflığı 100 ppm civarındadır. Bu arada toplanan yağ, çamur tankına alınır. Buradaki hava firar ventili diğer arıtıcılarda da belirtildiği gibi hissedicileri yanıltmamak için biriken havayı dışarı alır. Yağ toplama bölgesindeki ısıtıcı bu sistemde de mevcuttur. İlk bölümden çıkan 100 ppm saflıktaki su ikinci arıtma bölümüne girer. Bu bölümde iki grup halinde bulunan yağ tutma ve birleştirme plakaları aracılığı ile suyun saflığı 15 ppm'e düşürülür. Birinci bölge aynı zamanda katı partikülleride tutar ve çökmesini sağlar. Yalnız ikinci kısımda biriken yağ el kumandalı olarak dışarı alınır. Bu sistemde de geri yıkama olmadığı için çalışma koşullarına göre belirlenen periyodik zamanda sistem temizlenmeli filtre elemanları kontrol edilmelidir.



Şekil 2.6. Filtre ve yağlısu arıtıcısının birlikte kullanıldığı bir sistem

- 1-Yağlısu girişi, 2-Birleştirici plakalar, 3-Yağ toplama bölgesi, 4-Yağ seviye kontrol elemanı, 5-Taşıntı devresi, 6-Yağ çıkışı, 7-Elk./Pnomatik kontrol elemanı, 8-Kaba temizleme bölgesi, 9-İnce temizleme bölgesi, 10-Yağ toplama bölgesi, 11-Su çıkışı

## 2.2. Sistemin verimini etkileyen faktörler

Bütün yağlısu arıtıcıları sintinede biriken yağ, akaryakıt ve suyun deniz suyu ile birlikte özgül ağırlık, viskozite, yüzey gerilim değerlerinden faydalanarak çalışırlar. Bu değerlerden yüzey gerilim değerine müdahale edilemez. Viskozite değeri ise ısıtılarak iyileştirilebilir. Bu nedenle hemen hemen tüm yağlısu arıtıcılarında ısıtıcı mevcuttur. Isıtıcılar genellikle yağ toplama bölgelerinde bulunarak akışı kolaylaştırırlar. Ağır yakıtla çalışan makinaları bulunan gemilerdeki yağlısu arıtıcılarındaki ısıtıcılar sadece yağ toplama bölgelerini değil tüm bünyeyi ısıtır. Sistem içindeki; yağ damlacıklarının yüzme yeteneğinin iyiliği, daha önce açıklandığı gibi viskoz (sürekli) ortam ile ayrıştırılan yağ ve yakıtın özgül ağırlık farklarının ve damlacık çaplarının büyüklüğüne bağlıdır. Viskoz ortam bu arıtıcılar için sudur. Sistem çalışmaya başlamadan önce mutlaka temiz su ile doldurularak viskoz ortam yaratılmalıdır. Damlacık çapları daha önce açıklandığı gibi birleştirici plakalar tarafından büyütülür. Bu plakaların verimli çalışması için tıkanmaması gerekmektedir. Bu nedenle geri yıkama işleminin bulunmadığı sistemlerde belirli zamanlarda temizlik yapılmalıdır. Bütün sistemler için girişe bir filtre takılması katı partiküllerin sisteme girmesini engeller. Bu arada seçilecek filtre yağ damlacıklarını parçalamayacak nitelikte olmalıdır. Birbiri içine karışmış çözelti haldeki temizlik maddeleri ve yağ, su haricindeki diğer akışkanlar sistemin verimli çalışmasını engeller. Gres yağlarının akışkan ile birlikte sisteme alınması verimi kötü yönde etkiler. Bu yabancı maddelerin sisteme girmesi engellenmelidir.

Arıtıcılarda kullanılan elektronik hissediciler ışığın yayılmasını kontrol prensibi yada dielektrik prensipi ile çalışırlar. Bu elemanların çalışma verimini bozmamak için sistemde biriken havanın otomatik olarak dışarı alınması gerekmektedir. Bu nedenle tüm arıtıcılarda hava firar ventilleri bulunur. Temiz su çıkışında suyun saflığını ölçen cihazlar elektronik hissediciler olması nedeniyle kontrol sisteminin elemanlarının sağlıklı çalışması sistemin verimini çok etkiler.

Ayrıştırma işleminin veriminin yüksek olması için akışın laminar sahada olması istenir. Besleme hattında damlacıklar parçalanma tehlikesinden uzak olmalıdır. Kullanılan pompanın tipi ve hızı önemlidir. Bu nedenle bu sistemlerde santrifüj pompa kullanılmamalıdır. Dişli tip pompalar yada aksiyal pistonlu pompalar tercih edilir. Aşırı yük altında çalışan arıtıcılarda türbülanslı akım oluşur yada akışkan arıtılmak için yeterli süreyi sistem içerisinde geçirmez. Aşırı yük kontrolü, debi kontrol elemanı ile sağlanır.

### 3.0. YAKIT VE YAĞ ARITICILARI

Gemilerin tahrik sistemlerinde kullanılan ana makineler ile elektrojen gruplarında kullanılan dizel motorlardaki aşınmayı azaltmak, korozyonu önlemek ve daha iyi yanma temin edebilmek amacıyla, yağlama yağları ile yakıtların içindeki kirlilik yaratıcı yabancı maddelerin temizlenmesi gerekmektedir. Bu kirlilik yaratıcı yabancı maddeler; yağlama yağları için yanma odalarından karışabilecek olan kül, karbonlu artıklar, çeşitli madensel tuzlar ile yağlama yağının temasta bulunduğu ortamlardan karışabilecek olan metal artıkları, asitler ve su olabilir. Yakıtlar için kirlilik yaratıcı maddeler depolandığı ve dinlendirildiği gemi sarnıçlarından herhangi bir nedenle karışabilecek olan su ve yabancı katı partiküllerdir. Bu yabancı partiküllerin yağlama yağlarının ve yakıtların içinde olması istenmeyen bir durumdur. Yağlama yağının ve yakıtın performansını düşürürler. Motorlarda çalışma bozukluğu yaratarak, onarımı mümkün olmayan hasarlar yaratabilirler.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden ötürü kirlilik yaratıcı maddelerin yakıt ve yağlardan alınması gerekmektedir. Kirlilik yaratıcı partiküller yada sıvılar ayrı cinsten ve birbirine karışmaz şekilde iseler başarılı bir kaç yöntem ile birbirinden ayrıştırılabilirler. Bu yöntemlerden gemilerde kullanılanları filtrasyon, santrifüj prensibi ve özgül ağırlık farkından faydalanarak çökeltme yöntemleridir. Filtrasyon yöntemi katı partikülleri tutma yoluyla ayrıştıran bir temizleme yöntemidir. Belirlenen boyuttan büyük katı partikülleri temizlemek için kullanılır. Özgül ağırlık farklılığından faydalanarak arıtma yöntemi yağlısu arıtıcılarında ve dinlendirme tanklarında kullanılır. Yakıt ve yağ arıtıcılarında santrifüj arıtma yöntemi kullanılmaktadır.

#### 3.1. Çökeltme yöntemi ile arıtma

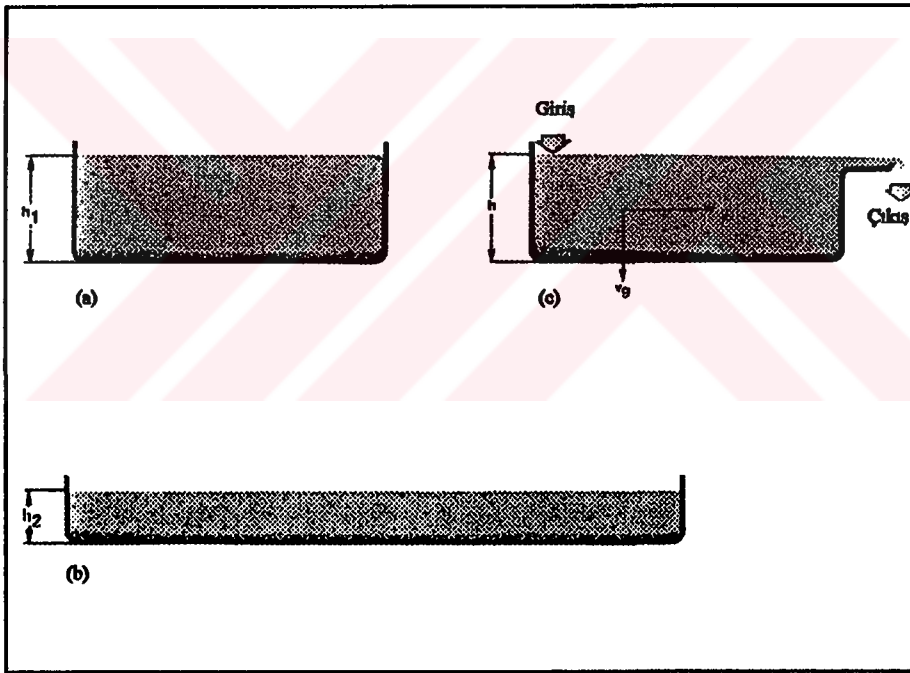
Terminal hızı 2.3 eşitliğindeki sürekli ortamı yağ yada yakıt, yabancı maddeleri ise su ve katı partiküller olarak yeniden düzenlersek

$$V_g = \frac{g}{18\mu} (\rho_p - \rho_f) D^2 \quad (3.1)$$

olarak yazabiliriz. Burada,  $\rho_p$  partikül yoğunluğunu,  $\rho_f$  ise sürekli fazın yani yakıt yada yağın yoğunluğunu vermektedir. Eşitlik 3.1'deki partiküller su ve katı parçacıklar olduğu için yoğunlukları viskoz ortaminkinden fazladır. Bu durumda  $V_g$  terminal hızı (+) pozitif olur ve çökeltme oluşur. 3.1 eşitliğinden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

- Büyük çaplı partiküller daha büyük çökeltme hızına sahiptirler
- Partikül ve sürekli ortamın yoğunluk farkları arttıkça çökeltme hızı artar.
- Sürekli ortamın düşük viskozite değerine sahip olması çökeltme hızını artırır.

Bu sonuçlardan yola çıkılarak çökeltme hızını artırmak için bazı önlemler alınır. Şekil 3.1'de eşit büyüklükte partiküllerin yerçekimi etkisi ile çökmeye tabii tutulduğu basit çökeltme kapları görülmektedir.



Şekil 3.1. Basit çökeltme kapları

Çökeltmenin tamamlanması için gerekli süre başlangıçta yüzeyde bulunan partiküllerin sıvının dibine kadar ulaşması için geçen sürenin tamamıdır. Şekil 3.1 a'da çökeltme derinliği  $h_1$  olarak gösterilmiştir. Arıtma süresinin azaltılması çökeltme derinliğinin kısaltılması ile mümkün olabilir. Şekil 3.1 b'de  $h_2$  ile gösterilen çökeltme derinliği azaltılmış, hacmin sabit kalması için yüzey büyütülmüştür. Örnek olarak  $h_1 = 5h_2$  kabul edilirse çökeltme süresi kabaca 5 kat azalmış olur. Aynı

oranda çöktürmeyi sağlamak için hacmi sabit tutmak gerekir. Bu nedenle yüzeyi 5 kat büyültmek gerekir. Uygulamadaki zorlukları nedeniyle uygulanabilir yöntem değildir. Şekil 3.1 c'de sürekli sıvı ortamda katı partiküllerin çöktürme yoluyla ayrıştırıldığı bir kap gösterilmiştir. Akışkan bir köşeden girer ve diğer köşeden  $W$  hızıyla katı partiküllerinden ayrılmış olarak dışarı alınır. Bu geçen süre içinde katı partiküller  $V_g$  hızıyla çökerler. Katı partiküllerin tamamının arıtılması için aşılmaması gerekli olan  $Q$  debisi aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Çıkışta müsaade edilen en büyük katı partikül çapı  $d_{lim}$  olsun. Bu değer ve viskoz ortam ile partikülün diğer özelliklerinin değerleri 3.1 eşitliğinde yerine koyularak  $V_g$  terminal hızı yani çökme hızı bulunur.  $Q$  debisi ile akan bir akışkanın  $V$  hacmindeki kaptaki kalış süresi  $T$ , (Alfa Laval, 1993)

$$T = \frac{V}{Q} \quad (3.2)$$

ise ve bu kabın hacmini veren

$$V = b.h.l \quad (3.3)$$

değerlerini 3.2'de yerine koyarak

$$T = \frac{b.h.l}{Q} \quad (3.4)$$

eşitliği elde edilir. Aynı " $T$ " zamanında " $d_{lim}$ " çapındaki partiküller için hesaplanmış olan " $V_g$ " çökme hızıyla " $h$ " derinliğinde katı partiküller çökeceğine göre,

$$T = \frac{h}{V_g} \quad (3.5)$$

şeklinde yazabiliriz.

Elde edilen 3.4 ve 3.5 eşitlikleri birbirlerine eşitlenerek,

$$\frac{b \cdot h \cdot l}{Q} = \frac{h}{V_g} \quad (3.6)$$

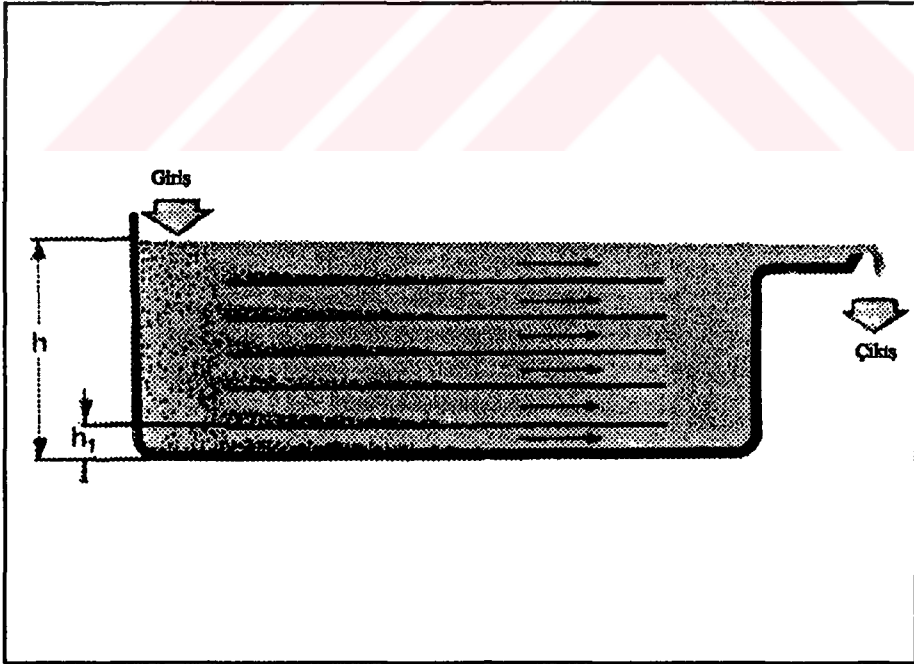
ve

$$Q = V_g \cdot b \cdot l \quad (3.7)$$

$$b \cdot l = A \quad (3.8)$$

$$Q = V_g \cdot A \quad (3.9)$$

olarak çıkışta bulunmasına müsaade edilen " $d_{lim}$ "den daha büyük çaptaki partiküllerin tamamen arıtılabilmesi için aşılmaması gereken debi miktarı bulunur. "A" yüzeyinin çökeltme ile arıtma konusunda etkisi çok büyüktür. Şekil 3.2'deki yatay plakalar ile "A" yüzeyi artırılabilir.

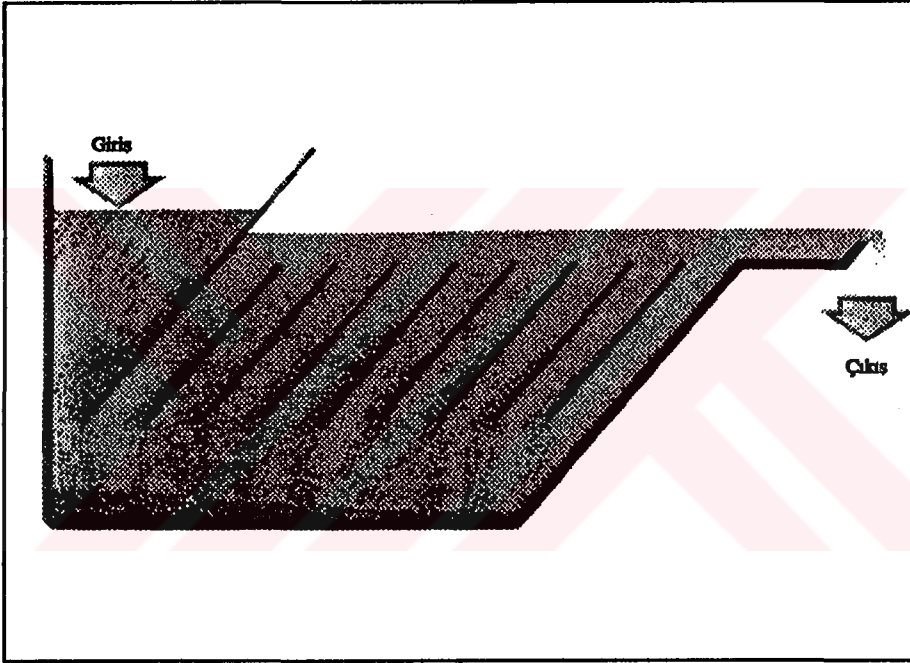


Şekil 3.2. Yatay plakalı çökeltme kabı

"N" adette çökeltme kanalı temin edilerek, "Q" giriş debisi artırılabilir (Alfa Laval, 1993).

$$Q = V_g \cdot N \cdot A \quad (3.10)$$

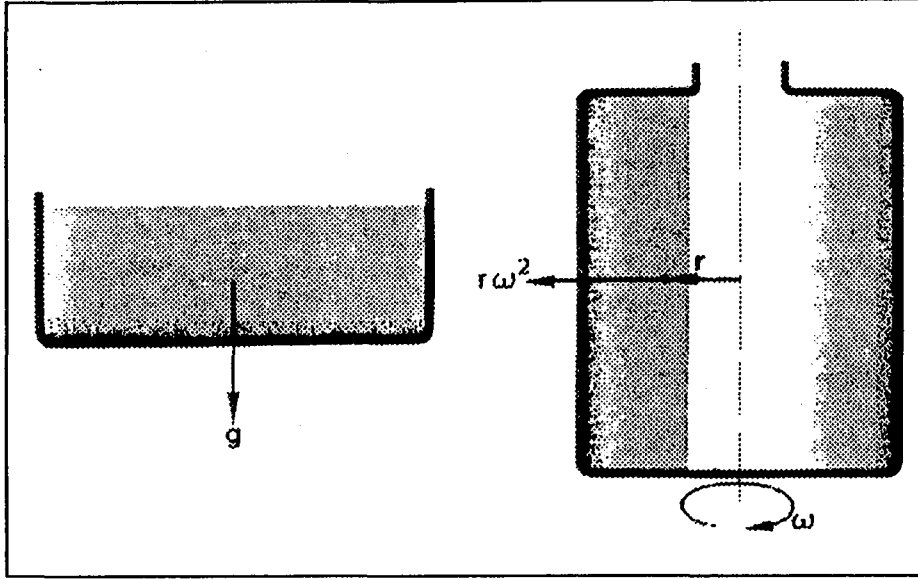
Yatay plakaların kullanılmasındaki en önemli sakınca tortular nedeniyle plakaların tıkanmasıdır. Eğer plakalar Şekil 3.3'deki gibi açılı olarak düzenlenirse tıkanma problemi halledilir. Katı partiküller plakalarda tutunamaz ve kabın dibine çöklerler.



Şekil 3.3. Açılı plakalı çökeltme kabı

Şekil 3.4 de ise farklı yoğunluktaki iki sıvının ve katı partiküllerin sürekli ortamda çökeldiği bir kap görülmektedir (Alfa Laval, 1993) .





Şekil 3.5. Santrifüj kuvvet uygulanan basit çöktürme kabı

Bu dönme sonucu oluşan " $\omega$ " açısal hızı sabit kabul edilebilir. Merkezden dışa doğru " $r$ " yarı çap değeri değiştikçe oluşan " $a$ " ivme değeri değişir. Açısal hız " $\omega$ " ile oluşan açısal ivme,

$$a = r\omega^2 \quad (3.11)$$

olduğuna göre ve (3.1) eşitliğindeki yer çekimi ivmesi " $g$ " değerini kontrol edilemeyeceği için bu değer yerine " $a$ " değeri yazılır. Sonuç olarak (3.1) eşitliği aşağıdaki şekle dönüşür (Alfa Laval, 1993);

$$V_0 = \frac{D^2(\rho_g - \rho_l)}{18\mu} r\omega^2 \quad (3.12)$$

(3.1) ve (3.12) eşitliklerini birbirlerine eşitlenerek;

$$\frac{V_g}{g} = \frac{D^2(\rho_g - \rho_l)}{18\mu} = \frac{V_0}{r\omega^2} \quad (3.13)$$

şeklinde yazılabilir. " $V_0$ " santrifüj etkisi altında oluşan çökme hızı 3.13'den faydalanarak,

$$V_0 = V_g \frac{r\omega^2}{g} \quad (3.14)$$

eşitliği ile ifade edilir.

$$\frac{r\omega^2}{g} = z \quad (3.15)$$

Tanımlanan "z" ifadesi bir partikülün yer çekimi ortamındaki çökmesi ile santrifüj kuvvet etkili ortamdaki çökme hızlarının oranını verir. Bu ifadeden şu sonuç çıkartılabilir; Santrifüj etkisi ile oluşan çökme hızı yerçekimi etkisi ile oluşan çökme hızından "z" değeri kadar daha fazladır. Bilinen mühendislik prensipleri çerçevesinde açısal hız " $\omega$ " ya ve etkin çap "r" ye etki ederek bu değerler değiştirilebilir.

### 3.3. Süreksiz/sürekli ortamda santrifüj etkisiyle arıtma

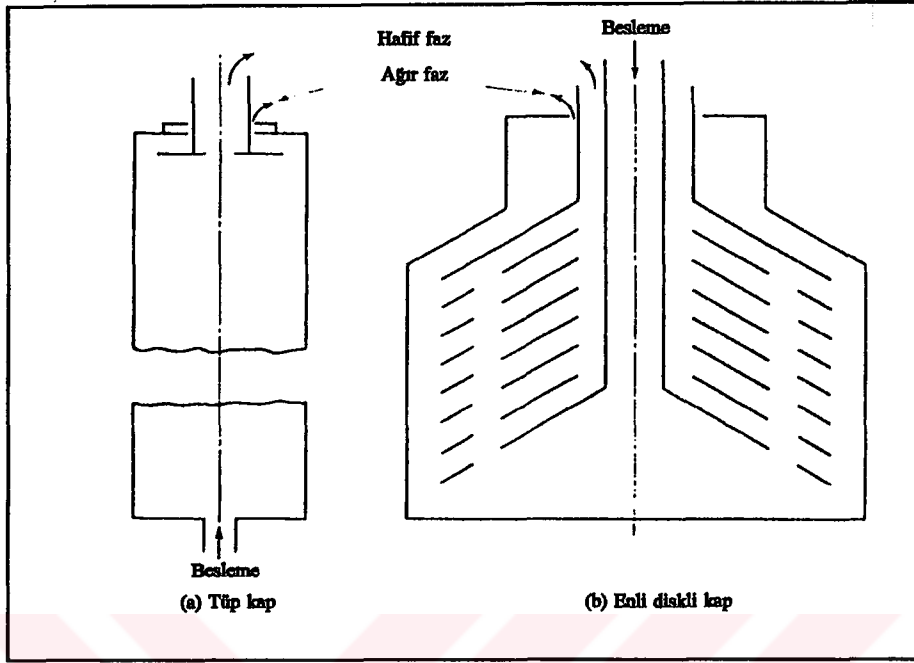
Santrifüj kuvvet etkisiyle çalışan cihazların ilk örneklerinde temizlenmek istenen akışkan, cihazın kapasitesi kadar cihaza doldurulur ve sistem çalıştırılır. Akışkan içindeki katı partiküller çökeltildikten sonra cihaz durdurulur ve akışkan dışarı alınır. Gemilerde kullanılan birçok cihaz sürekli yada yarı-sürekli sistem olarak işletilmektedir.

Tüp şeklindeki ve diskli tipteki santrifüj prensibi ile ayrıştırma cihazlarından süreksiz ortamda çalışanları ile ilgili bazı bilgiler aşağıdaki Tablo 3.1'de verilmiştir (Smith, 1983).

Tablo 3.1. Süreksiz ortamda çalışan arıtıcı tiplerine ait bilgiler

	Max. Santrifüj kuvveti	Kap çapı (mm)	Uzunluk/çap	Tahrik sistemi
Süreksiz ortam tüp kap tipi	13000-20000 x g	<180	<7	Kap askıda yukarıdan tahrikli
Süreksiz ortam diskli kap tip	5000-8000 x g	<600	<1	Kap oturtulmuş alttan tahrikli

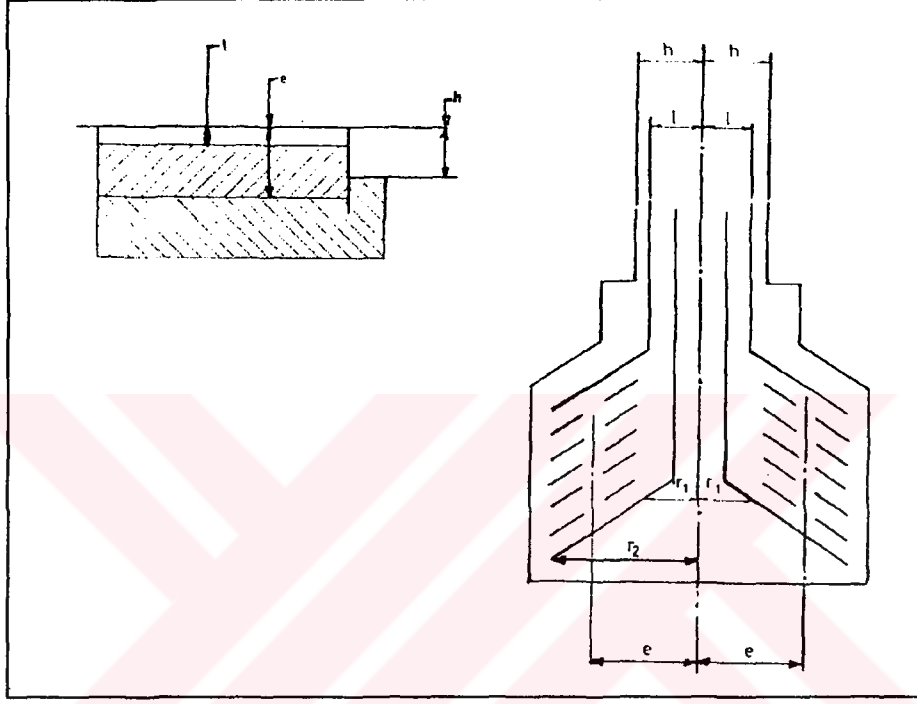
Tüp şeklindeki kap fiziksel olarak daha yüksek çevresel hızlara mukavimdir. Bu nedenle daha büyük santrifüj kuvvetler oluşturulabilir. Katı partiküller kabın dibine çökerken ağır fazı oluşturan akışkan ki genellikle sudur, çıkışa doğru yönlendirilir. Santrifüj kuvvetin etkisi ile temizlemek istediğimiz akışkan içerisinde damlacıklar halinde bulunan ağır faz kabın kenarına doğru yol alır. Bir defada temizlenmek istenen akışkanın miktarı ve işlem süresi kap boyutlarına bağlıdır. Ancak kap boyutlarının büyütülmesi dizayn mühendisliği yönünden balans sorunu yaratır. Tüp şeklindeki kaplara göre enli kaplı arıtıcılar daha çok akışkanı bir defada içeri alma kapasitesine sahiptir. Şekil 3.6'de her iki tip şematik olarak gösterilmiştir (Smith, 1983).



Şekil 3.6. Diskli enli kaplı ve tüp tipi kaplı arıtıcılar

Enli kaplı arıtıcıda daha çok akışkanı sisteme alabilme kapasitesine karşın ağır fazı teşkil eden suyun kap kenarına kadar alacağı mesafe daha fazla olduğu için hassas ayarların yapılması kısmen daha zordur. Bu problemin üstesinden gelmek için Şekil 3.6 b'de görüldüğü gibi konik disklerden oluşan bir küme 2-4 mm aralıklarla kabın içine yerleştirilir. Temizlenmesi istenen akışkan, sisteme disklerin dış kenarından yada disklerin dış yüzeyindeki deliklerden girer. Akış bitişik disklerin arasındaki boşluklardan devam eder. Dönme etkisi ile harekete geçen akışkan disklerin alt yüzeylerine çarparak ağır fazın dış yüzeye doğru yönelmesine neden olur. Konik disk yüzeyler aynı zamanda katı partikülleri tutmaya yarayan yüzeyleri oluşturur. Ağır faz olan su ve katı partiküller disklerin dış yüzeyinden kümeyi terk ederler. Hafif faz ise merkeze yakın bir yerden dışarı alınırlar. Hafif fazın ve ağır fazın çıkışlarda birbirine karışmamasını sağlamak, santrifüj etkisiyle arıtmanın en temel konusunu oluşturur. Santrifüj etkisi altındaki özgül ağırlıkları birbirinden farklı olan iki akışkan, merkeze göre hafif olanı içte, ağır olanı ise dışta toplanmaya yönelirler. Birbirleri ile temasta oldukları noktaya ara yüzey denir. Çıkış noktaları; oluşan bu ara yüzeye göre tespit edilir. Dinlendirme tankları kabaca U-tüpü şeklindedir. Şekil 3.7 a'da görüldüğü gibi "h" ağır fazı, "l" hafif fazı "e" ise ara yüzeyi göstermektedir. Şekil 3.7 b'de (Smith, 1983) santrifüj etki altındaki bir kaptaki

oluşan ara yüzey görülmektedir. Merkezden yağ ve suyun oluşturduğu ortak yüzeylerin teşkil ettiği noktaya kadar olan mesafe e-hattı olarak bösterilir. e-hattı öyle seçilmelidirki, eğer disklerin üst kısmındaki su çıkış noktası bu hattın içinde kalırsa, su içinde yağ tespit edilir.



Şekil 3.7. Dinlendirme tankında ve santrifüj etkili kaptaki ara yüzey teşkili

Akışkanların birbirinden ayrılmasını belirleyen eşitlik (Smith, 1983)

$$\rho_l(e - l) = \rho_h(e - h) \quad (3.16)$$

şeklinde verilir. Burada,  $\rho_l$  = hafif fazın yoğunluğunu,  $\rho_h$  = ağır fazın yoğunluğunu gösterir.

3.16 eşitliği, santrifüj kuvvetinin etkisini belirtmek için yeniden düzenlenerek aşağıdaki gibi yazılır.

$$\omega^2 \rho_l (e^2 - l^2) = \omega^2 \rho_h (e^2 - h^2) \quad (3.17)$$

3.17 eşitliği düzenlenerek 3.18 eşitliği elde edilir.

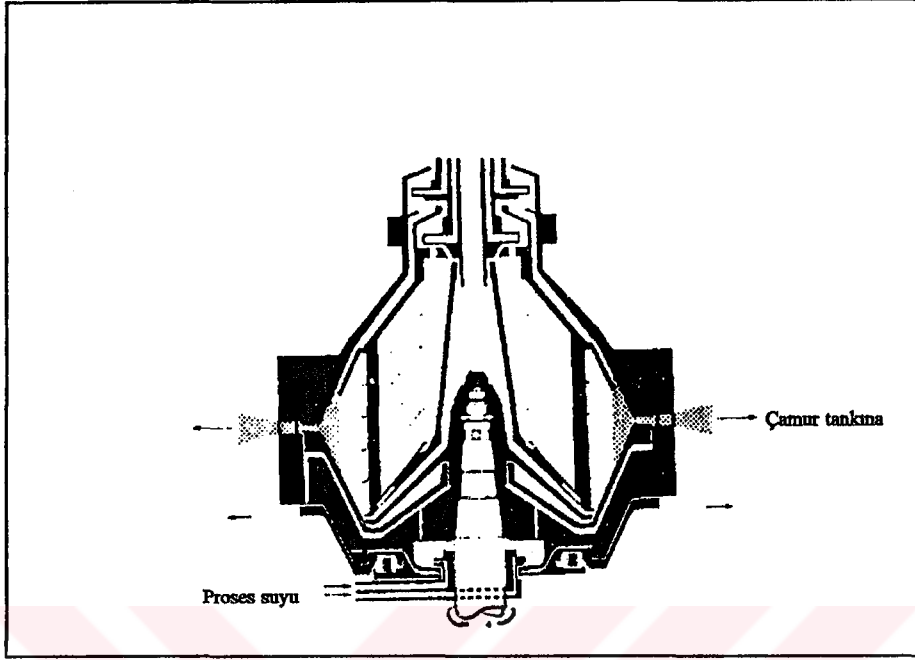
$$\frac{\rho_h}{\rho_l} = \frac{e^2 - l^2}{e^2 - h^2} \quad (3.18)$$

"e-hattı" dizayn aşamasında kesin olarak belirlenir ve değiştirilemez. Temizlenecek yağın yoğunluğunda oluşabilecek ufak sapmalarda, arıtıcı temizleme veriminin düşmemesi için "h" ve "l" değerlerinde oynamalar gerekebilir. Bu ayarlamalar genellikle sadece "h" hattında yapılır. Bu işlem "özümlü ağırlık diskleri" adı verilen ayar halkası ile yapılır. O cihaza özgün olarak, çeşitli yoğunluklardaki yağlar için kullanılacak özümlü ağırlık disklerini belirleyen bir tablo, üretici firma tarafından oluşturulur. Özümlü ağırlık disk çapları (3.18) eşitliğinden türetilen (3.19) eşitliği ile hesaplanabilir.

$$D_h = \sqrt{\left[ l^2 \frac{\rho_l}{\rho_h} + e^2 \left( 1 - \frac{\rho_l}{\rho_h} \right) \right]} \quad (3.19)$$

"e-hattı" Şekil 3.7 b'de görülen konik disklerden üst taraftaki kalın deliksiz konik plakamın ortalama çapı olarak alınabilir.

Diskli geniş kap tip arıtıcılar, günümüzde hatırı sayılır bir süre sürekli ortamda çalışma yapılabilmektedir. Ayrıştırma işlemi sonunda elde edilen kirli akışkan belirli aralıklarla dışarı alınır. Boşaltma işlemi püskürtme şeklinde bir prosestir. Kirli akışkan arıtıcı içindeki ayrıştırma işlemini bozacak kadar toplandığı zaman dışarı alınır. Şekil 3.8'da görüldüğü gibi püskürtme prosesini başlatmak amacıyla önce besleme hattı kapatılır ve proses suyu alınır (Taylor, 1983).



Şekil 3.8. Artıkların püskürtme ile dışarı alınması

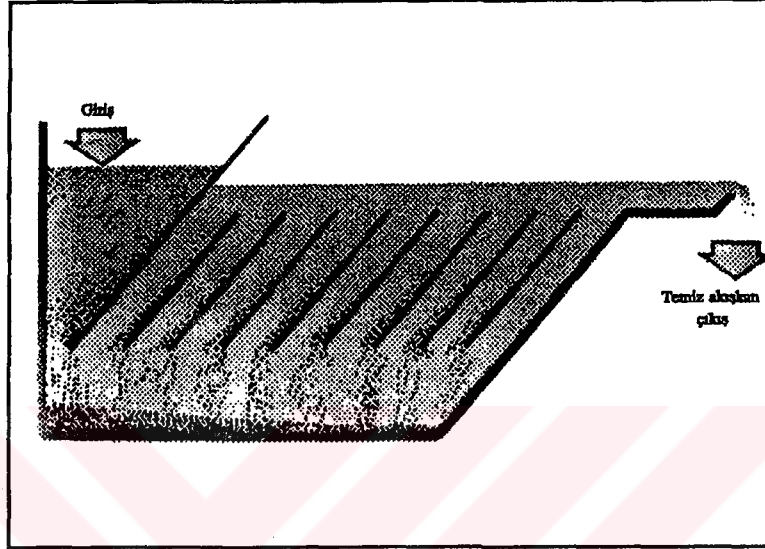
Bu suyun görevi arıtıcı içindeki atıkları boşaltmak ve diskleri aşağı doğru hareketlendirerek çıkış deliklerini açmaktır. Bu deliklerden kirli akışkan dışarı alınır. Bu arada besleme suyu sisteme alınır ve diskler arasındaki mesafe açılarak diskler üzerinde bulunan deliklerden kirli akışkan dış yüzeye yönlendirilir. Yükselen diskler çıkış deliğini kapatır ve besleme girişi açılır. Püskürtme işlemi sadece bir kaç saniye sürer.

Gemilerde kullanılan bu tip arıtıcılar iki şekilde kullanılırlar. Arıtıcı yağ ya da yakıttan suyun ayrıştırılması için kullanılıyorsa bu prosesin adına "Purifikasyon" işlemi denir. Yağ ya da yakıttan katı partikül kirliliğini arıtmak için kullanılırsa "Klerifikasyon" prosesi adını alır.

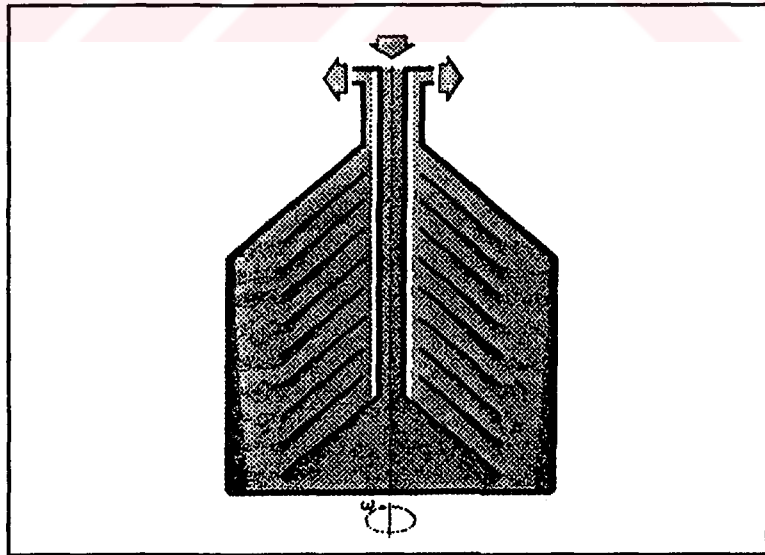
Klerifikasyon prosesi, içinde az miktarda su bulunan asıl kirliliği katı partiküllerin oluşturduğu yağ ya da yakıtın santrifüj prensibiyle temizlenmesi işlemidir. Klerifikasyon işlemi ile purifikasyon işleminin en büyük farklılığı çıkış bağlantılarıdır. Purifikasyon işleminde iki çıkış; klerifikasyon işleminde ise tek çıkış bulunmaktadır.

### 3.4. Katı partikül ayrıştırma

Şekil 3.9'de santrifüj kuvvetin etkisi altında katı partikül ayrıştırma işlemi gösterilmektedir.



(a)

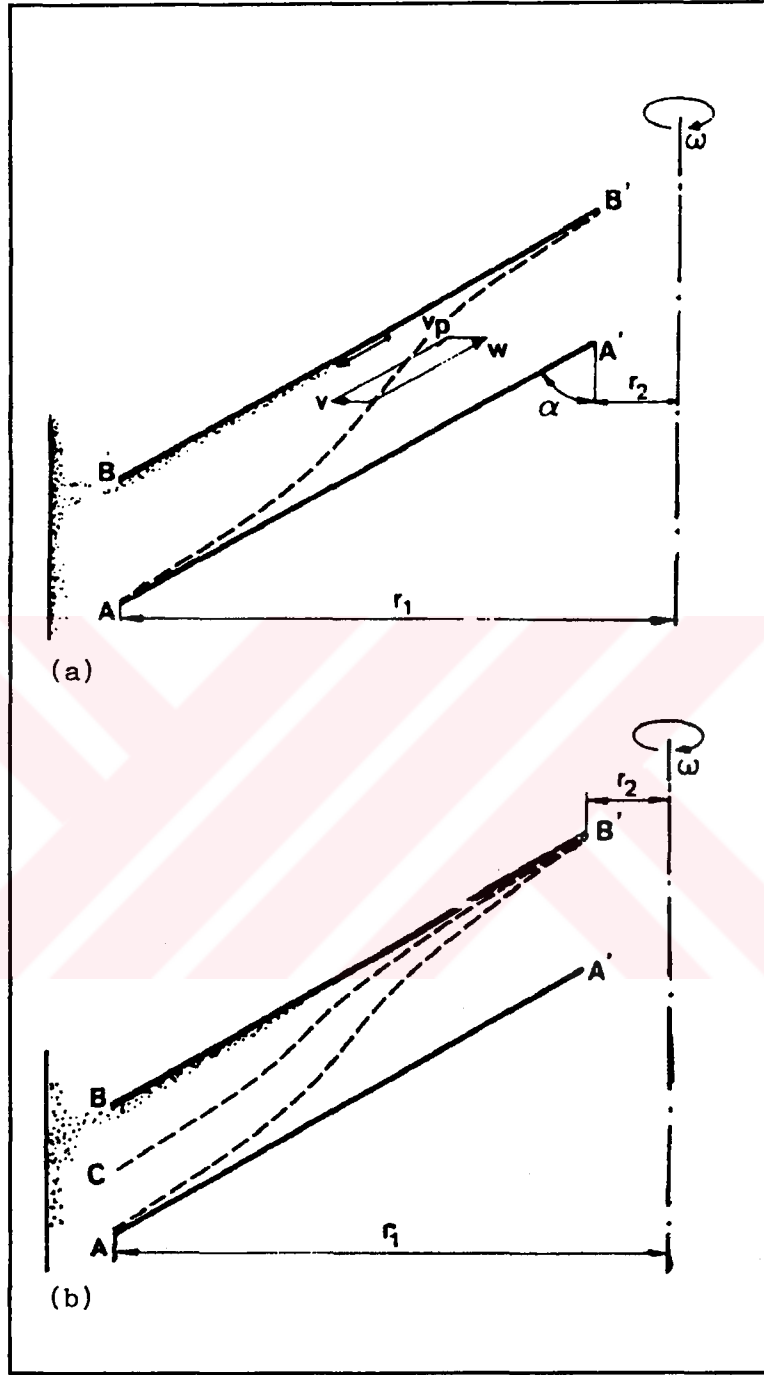


(b)

Şekil 3.9. Basit katı partikül ayrıştırma kabı

Şekil 3.9 a'da gösterilen çökeltme kabı, akışkanın girdiği kısım eksen kabul edilerek simetrik hale getirilmiştir. Merkez etrafında dönme hareketi verilerek akışkan santrifüj kuvvetinin etkisi altında bırakılmıştır. Elde edilen cihaz katı partikül ayrıştırma için kullanılan arıtıcının basit bir şeklidir. Şekil 3.9 b'de görüldüğü gibi giriş ve giriş çevresinde dairesel olarak tek bir temiz akışkan çıkışı mevcuttur. Şekil 3.9 b'de arıtıcı içinde gösterilen çizgiler konik diskleri tanımlamaktadır. Bu diskler çökeltme aralıklarını küçültmek için kullanılırlar. Diskler arasına sızdırmazlık sağlayan küçük dairesel elemanlar yerleştirilir. Bu elemanlar çökeltme oluşan disk alanlarını birbirinden ayırt etmek amacıyla kullanılmaktadır. Kalınlıkları ise çökeltme kanalının yüksekliğine ve ayrıştırılan partiküllerin boyutlarına göre değiştirilebilir. Şekil 3.10 a'da Klerifayer (Katı partikül arıtan santrifüj arıtıcı) içindeki tek bir çökeltme kanalında limit katı partikülün izlediği yol, Şekil 3.10 b'de ise tek bir çökeltme kanalında limit katı partikülden küçük partikülün izlediği yol gösterilmiştir (Alfa Laval, 1993).





Şekil 3.10. Katı partikülün çökelme kanalında izlediği yol

Akışkan çöktürme kanalına  $r_1$  yarı çapından girer. Kanal boyunca akan akışkan katı partikülleri çöktürme metoduyla bu arada bırakarak  $r_2$  yarı çapından çıkışa doğru yönelir. Akışkanın çöktürme kanalındaki  $w$  hızı kanal boyunca alınan kesitte sabit değildir. Santrifüj kuvveti katı partiküllere  $v$  çöktürme hızını kazandırır. Bu hızın yönü arıtıcının çevresel duvarına doğrudur.  $w$  akışkan hızı ile santrifüj kuvvetince partiküllere kazandırılan  $v$  çöktürme hızının vektörel toplamı  $V_p$  hızını ve yönünü gösterir. Şekil 3.10 a'da görüldüğü gibi  $V_p$  hızının yönü disklerin alt yüzeylerinden arıtıcının çevresel duvarını oluşturan kabın kenar yüzeylerine doğrudur.

Ayrışma, partiküller BB' diski üzerinde B' noktasına ulaşana kadar oluşur. Gerçekte ayrışma bu noktalar arasında tamamlanamayabilir. Disk üzerinde oluşan hidrodinamik kuvvetlerin yarattığı kayma gerilmeleri ayrışmanın oluşacağı noktayı etkiler. Eğer bu kuvvetler çok büyük değil ise katı partiküller santrifüj kuvvet etkisiyle kabın kenar yüzeyine doğru hareketlenirler. " $d_{lim}$ " en küçük, en zor yolu seçen ve en zor ayrıştırılan partiküldür. Şekil 3.10 a'da olduğu gibi bu partikül A noktasından harekete başlar ve B' noktasına kadar zorda olsa ayrıştırılır. " $d_{lim}$ " çapından daha küçük çapa sahip partiküller de bu diskler arasında ayrıştırılabilir. Şekil 3.10 b'de " $d_{lim}$ " çapından daha küçük çaptaki katı partiküllerin ayrıştırma anında izlediği yolu C ve B' ne birleştiren çizgiler göstermektedir.

C ve B arasındaki herhangi bir noktadan giren büyük boyutlu partiküller B' noktasına kadar ayrışabilmek için yeterli zamana sahiptir. Boyutu ne olursa olsun B noktasına yakın giren partiküller ayrıştırılabilir. Partiküllerin çöktürme kanalında çöktürme için yeterli zamanı bulabilmesi akışkanın debisine bağlıdır.

" $\rho_l$ " yoğunluğuna, " $\mu$ " viskozite değerine sahip bir akışkan içerisindeki " $d_{lim}$ " ve daha büyük çaptaki partiküller arıtılırken, verimli sonuç alabilmek amacıyla aşılması gereken debi miktarı hesaplanabilir. Burada " $\omega$ " açılma hızı, "N" kullanılan disk sayısı; " $\alpha$ ", " $r_1$ " ve " $r_2$ " Şekil 3.10 a'da gösterilen değerlerdir.

$$Q = VA \quad (3.20)$$

3.20'de verilen debi eşitliğinden yola çıkılarak

$$Q = \left( \frac{d_{\text{lim}} \Delta \rho}{18 \mu} \right) \left( \frac{2\pi}{3} \omega^2 N \cot \alpha (r_1^3 - r_2^3) \right) \quad (3.21)$$

şeklinde yazılabilir (Alfa Laval, 1993). Bu eşitliğin sağ tarafındaki birinci parantez içindeki işlemin tamamlandığı ortamın fiziksel özelliklerinin bir fonksiyonudur. Eşitliğin sağ tarafındaki ikinci parantez içindeki ifade ise arıtıcının özelliklerinin bir fonksiyonudur. Bu eşitliğin sağ tarafını " $g/g$ " ile çarparsak değeri değişmez. Ufak bir düzenleme ile 3.21 eşitliği

$$Q = \left( \frac{d_{\text{lim}} \Delta \rho}{18 \mu} g \right) \left( \frac{2\pi}{3g} \omega^2 N \cot \alpha (r_1^3 - r_2^3) \right) \quad (3.22)$$

haline dönüşür. Birinci parantez içindeki ifade " $V_0$ " terminal hızını; ikinci ifade ise " $Ae$ " eşdeğer alanını verir. 3.22 eşitliği

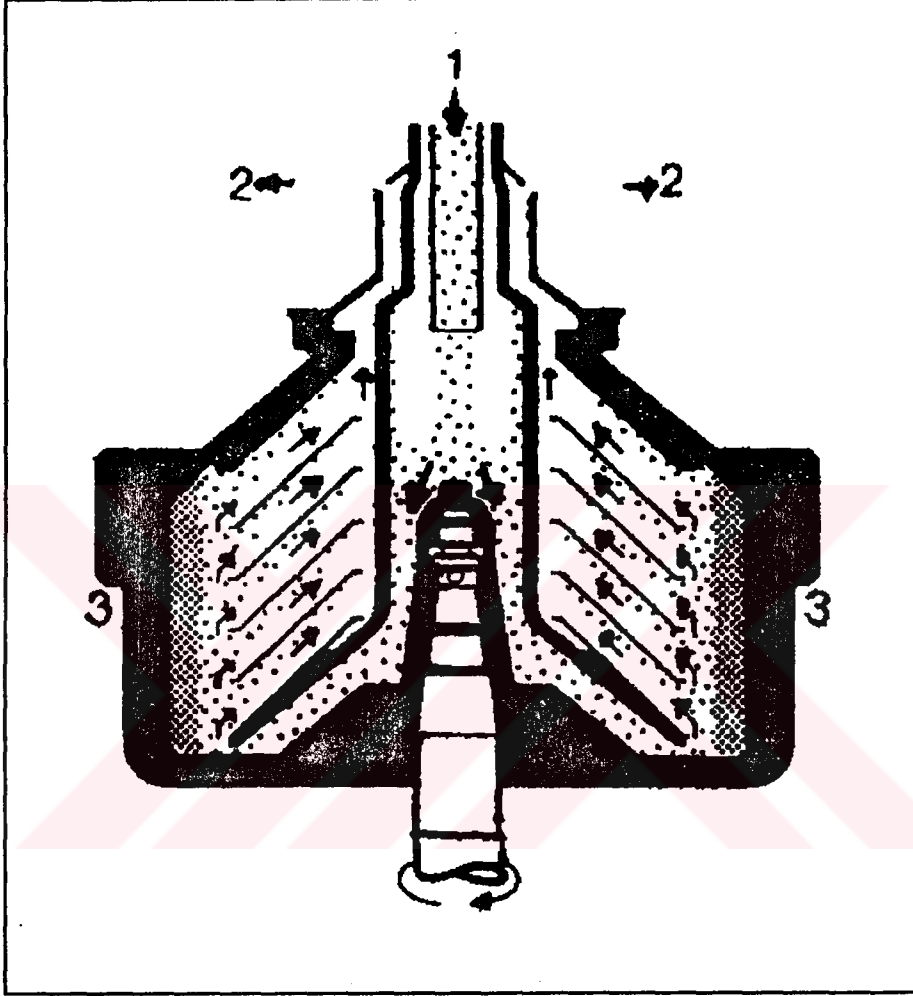
$$Q = V_0 Ae \quad (3.23)$$

şeklinde yazılabilir. " $Ae$ " disk yüzeylerinin ve " $r$ " yarıçapındaki kabın izdüşüm alanının toplamıdır. 3.21 eşitliğinin sağ tarafındaki ikinci ifadeye bakarak arıtıcının boyutu hakkında bir bilgi sahibi olunabilir. Bu eşitlik ideal şartlar için türetilmiştir. İhmal edilen değerler nedeniyle cihaz kapasitesi hakkında küçük de olsa hatalı değer elde edilebilir. ALFA-LAVAL firması tarafından geliştirilip kullanılan debi ifadesi;

$$Q = 4120 \left( \frac{n}{6000} \right)^{1.5} N \cot \alpha (r_1^{2.75} - r_2^{2.75}) \quad (\text{litre/saat}) \quad (3.24)$$

3.24'de verilmiştir. " $n$ " devir/dakika; " $r$ " cm cinsinden değerlerdir.

Şekil 3.11'de sıvı içerisindeki süspansiyon katı partiküllerin arıtıldığı bir arıtıcı yani "klerifayer" görülmektedir (Taylor, 1983).



Şekil 3.11. Klerifayer (Katı partikül arıtıcı)  
1-Besleme, 2-Temiz akışkan çıkışı, 3-Arıtılan partiküller

### 3.5. İki sıvının ayrıştırılması

Santrifüj arıtıcının yağ ya da yakıt içinden istenmeyen suyun ayrıştırılması işlemine "Purifikasyon", bu kullanım şeklinde arıtıcıya "Purifayer" adı verilir. Şekil 3.12'de bir Purifayer kabı gösterilmiştir.

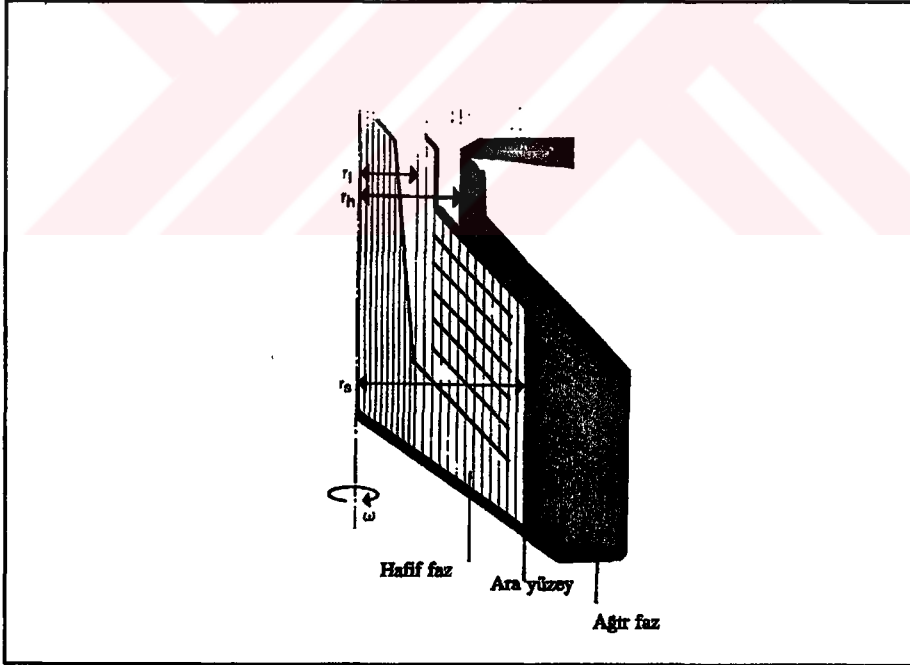


$$P = \frac{\omega^2}{2} \rho (r^2 - r_0^2) \quad (3.25)$$

" $r_0$ " akışkanın sistem içinde oluşturduğu serbest yüzeyin merkeze olan uzaklığını tanımlamaktadır. 3.25 eşitliğinden faydalanarak ara yüzeyde oluşan akışkan basıncını bulabiliriz. Bu maksatla Şekil 3.13'de tanımlanan değerler kullanılır. Bu değerler yerine konarak 3.26 eşitliği elde edilir.

$$P_s = \frac{\omega^2}{2} \rho_l (r_s^2 - r_l^2) = \frac{\omega^2}{2} \rho_h (r_s^2 - r_h^2) \quad (3.26)$$

Burada, " $r_s$ " oluşan ara yüzeyin merkeze olan uzaklığı,  $r_l$  hafif fazın merkeze olan uzaklığı,  $r_h$  ise ağır fazın merkeze olan uzaklığıdır.



Şekil 3.13. Ara yüzey oluşumu

Purifikasyon metodu ile yapılan ayırıştırma işlemi sırasında ağır faz mümkün oldukça kabın kenarında ya da buraya yakın bir noktada toplanır. Hafif fazın ağır faz çıkışından kaçmasını engellemek amacıyla bu nokta en üstteki disk çapını aşmamalıdır. Purifayere, temizlenmesi istenen akışkan alınmadan önce ara yüzeyin istenilen noktada oluşmasını sağlamak için tampon oluşturacak bir akışkan ile işleme başlanır. Tampon bölgesinin oluşmasının ardından, temizlenmesi istenen akışkan sisteme alınır. Bu işlem sayesinde sistem rejime ulaşmadan önce her iki fazın birbirine karışması engellenir. Tampon akışkan aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır.

- Hafif faz içinde çözülmemelidir,
- Ağır faz içinde çözülebilir,
- Ağır fazdan daha fazla yoğunluğa sahip olmamalıdır,
- Hafif fazdan daha fazla yoğunluğa sahip olabilir.

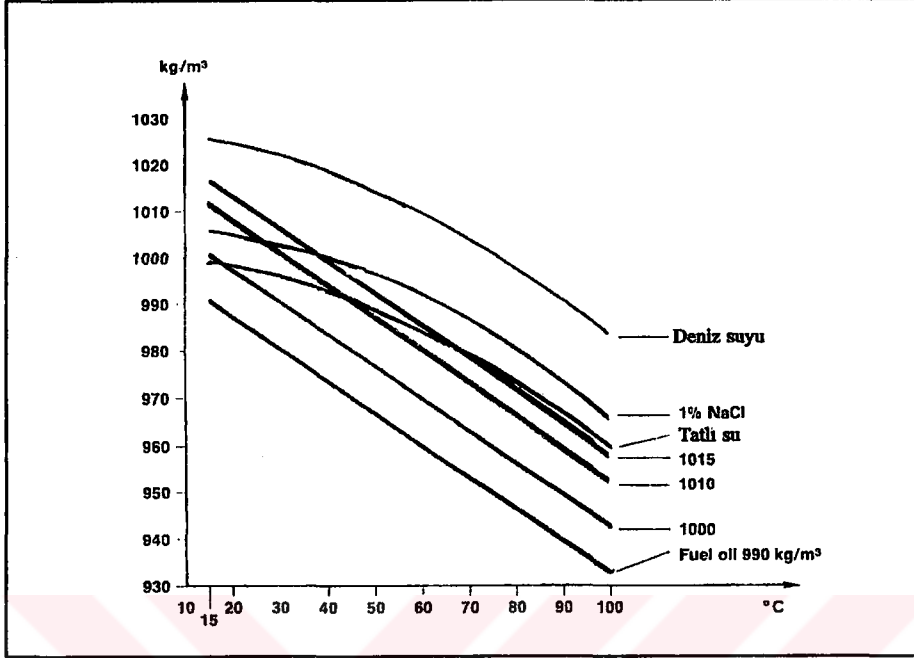
Genellikle ağır faz, tampon akışkan olarak kullanılır. Eğer temizlenecek akışkan içerisinde %25 den fazla ağır faz bulunuyorsa tampon akışkana ihtiyaç duyulmayabilir. Kısa bir zaman sonra ara yüzey kendiliğinden oluşur. Gemilerde kullanılan santrifüj kuvvetinin etkisinden faydalanan artıcılarda tampon akışkan olarak su kullanılır.

### 3.6. Arıtmaya etki eden faktörler

Şu ana kadar incelenen eşitlikler hep ideal şartlar için ortaya konmuştur. Gerçek şartlarda prosese etki eden faktörlere göre bu eşitliklerin düzenlenmesi gerekmektedir.

#### 3.6.1. Yoğunluk farkı

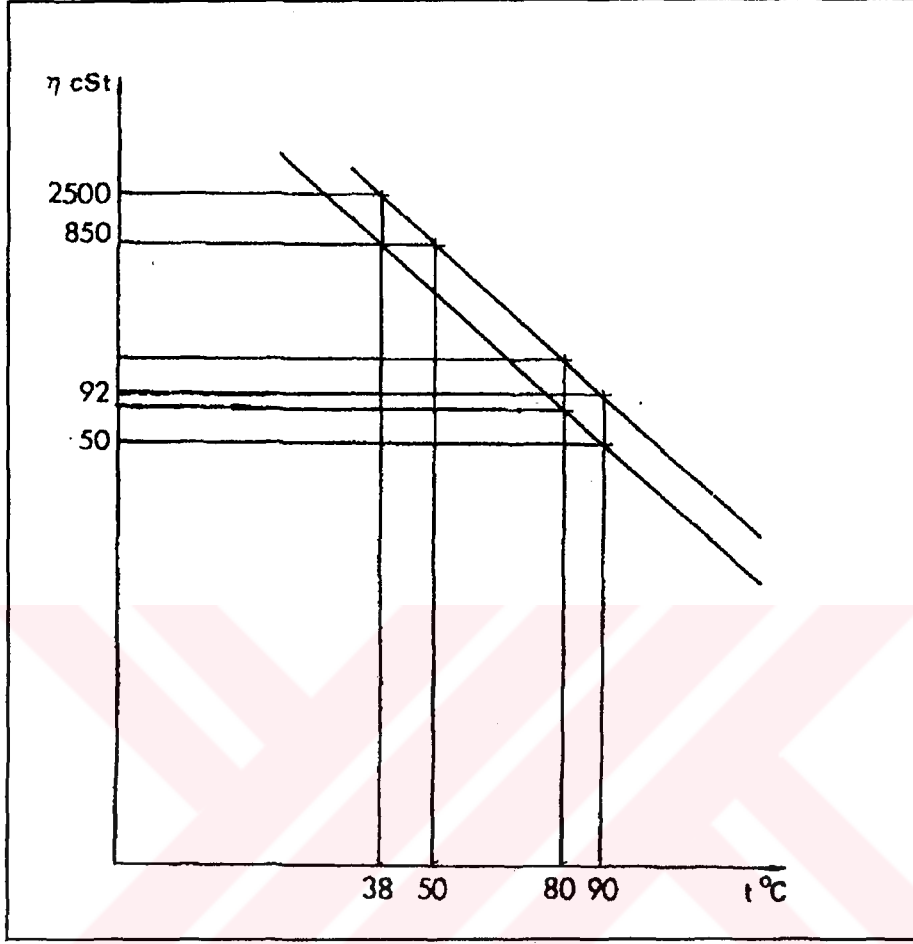
3.21 eşitliğinden anlaşıldığı gibi yoğunluk farkı artınca akış kapasitesi artmaktadır. Faz yoğunlukları aynı olunca, debi  $Q = 0$  olmaktadır. Oda sıcaklığında, madeni yağlar ve su yaklaşık olarak aynı yoğunluğa sahiptirler. Şekil 3.14'de sıcaklığın artırılarak yoğunlukların birbirinden farklılaştığı görülmektedir (Alfa Laval, 1993).  $80^{\circ}\text{C}$ 'da bu farklılık, arıtma için yeterli bir değere ulaşmaktadır.



Şekil 3.14. Yoğunluğun sıcaklığa göre değişimi

### 3.6.2. Viskozite

3.21 eşitliği viskozite değeri ile akış kapasitesinin ters orantılı olduğunu göstermektedir. Şekil 3.15'de akışkan viskozitesinin sıcaklık ile değiştiği görülmektedir (Alfa Laval, 1993). Viskozite değerindeki azalma, debiyi arttırmaktadır.



Şekil 3.15. Sıcaklık ile viskozite değerinin değişimi

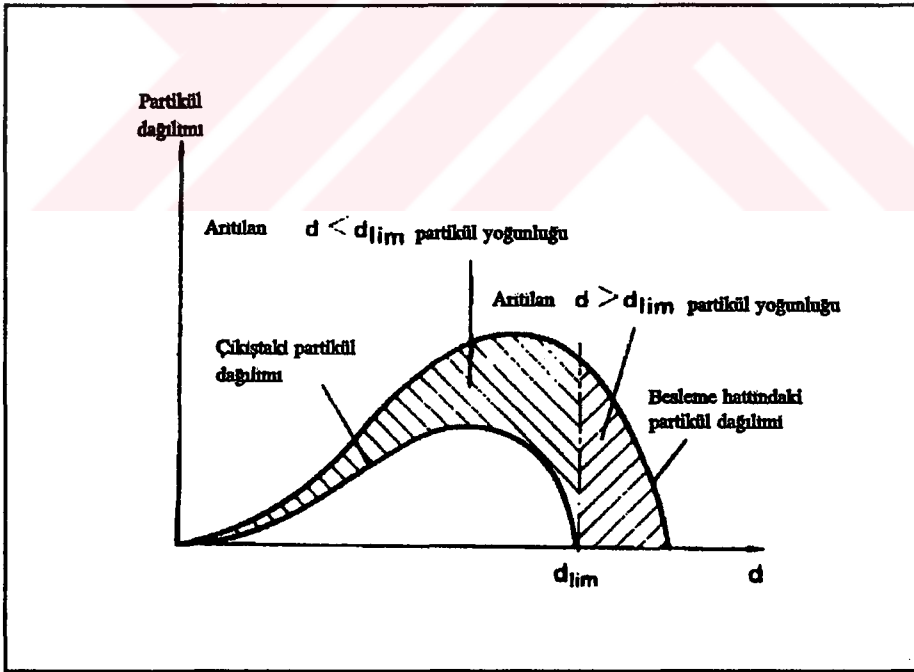
### 3.6.3. Partikül büyüklüğü, şekli ve yoğunluğu

3.21 numaralı eşitlikten anlaşıldığı gibi, etkin bir şekilde arıtılabilecek akışkan miktarı, ayrıştırılmak istenen en küçük partikül çapının karesi ile doğru orantılıdır. Ayrıştırılmak istenen en küçük partikül çapı yarı yarıya düşürülmek istenirse akış miktarı dörtte bir oranına kadar azaltılmalıdır. Arıtmanın kalitesini bozmadan sisteme alınabilecek akışkan miktarını arttırmak, ayrıştırmak istenen en küçük partikül çapını büyültmekle mümkündür. Mekanik sistemlerle ya da katkılar kullanarak topaklanma yoluyla partikül çapı büyütebilir. Gemilerde kullanılan santrifüj arıtma yöntemlerinde bu metotlar pek kullanılmamaktadır. Besleme hattındaki akış hataları arıtmanın niteliğini bozacak şekilde partikül parçalayıcı yada ayrı fazları iyice birbirine karıştırıcı etki yapabilir. Santrifüj

pompalar yağ/su karışımlarını yönlendirirken birbirinden ayrılmaz bir karışım oluşturabilirler. Besleme hattında kullanılan pompalar, vanalar ve diğer elemanların çeşitleri ve yerleştirilmesi bu açıdan çok önemlidir.

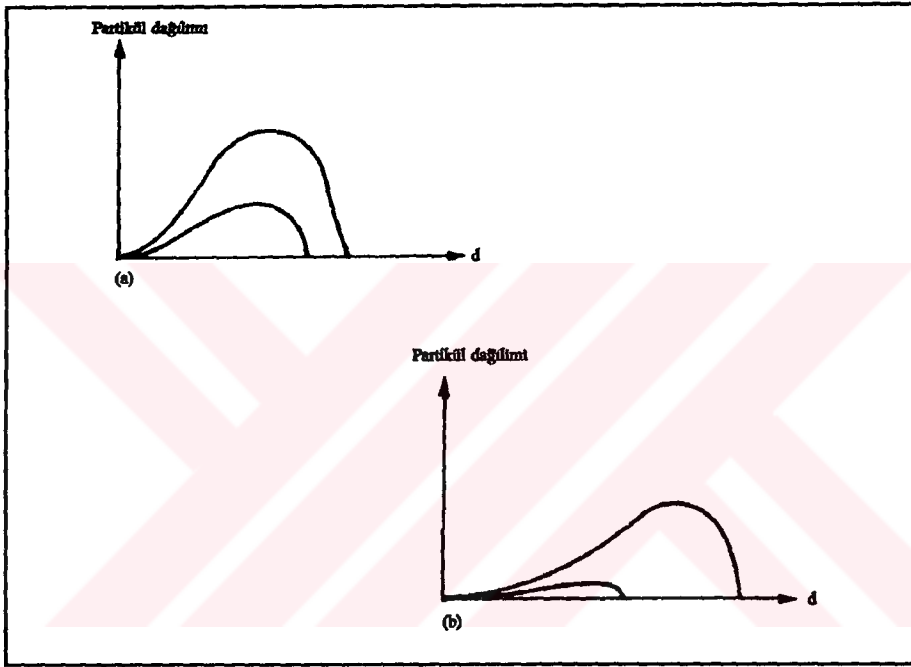
3.21 eşitliği küresel partiküller için geliştirilmiştir. Gerçekte bütün partiküllerin küresel olması beklenemez. Teorik işlemlerde kullanılmak üzere küresel formda olmayan partiküller için eşdeğer çap değerlerini veren tablolardan Stokes çapı bulunur. İnce ve yassı bir partikül nisbi olarak büyük boyutla değerlendirilse bile geç çökelecektir. Bu tip partiküller akışa karşı direnç göstererek, akış formunu bozabilirler. Dolayısı ile arıtıcıya girmeden önce mekanik bir filtrasyon işlemine tabi tutularak akışkan bu tip partiküllerden temizlenebilir.

En verimli arıtmanın yapılabildiği akış miktarını veren 3.21 eşitliği partikül dağılımını içermez. Şekil 3.16 arıtma öncesi ve sonrası akışkan içerisinde partikül dağılımını göstermektedir (Alfa Laval, 1993).



Şekil 3.16. Arıtmadan önceki ve sonraki partikül dağılımı

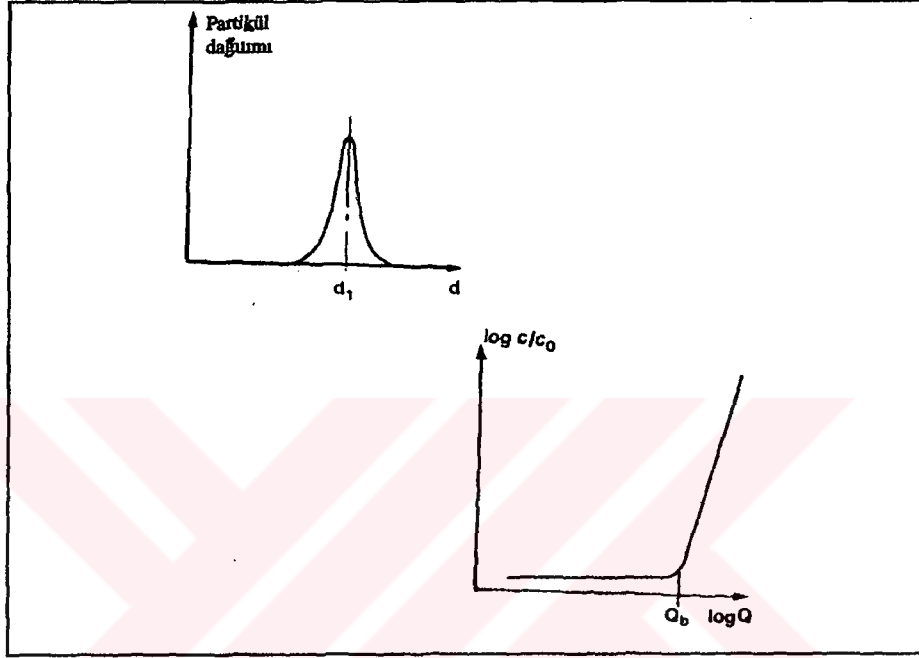
İki eğri arasında kalan alan arıtılan partikül konsantrasyonunu göstermektedir. Aynı özelliklere sahip bir arıtıcıda aynı partikül konsantrasyonunda ve yoğunlukta fakat farklı partikül dağılımında bir akışkan arıtılsın. Bunlardan birinde partikül dağılımı iyi diğeri ise kaba karışım şeklinde olsun. Şekil 3.17 a'da iyi, 3.17 b'de ise kaba karışımın arıtım öncesi ve sonrası partikül dağılımları görülmektedir (Alfa Laval, 1993).



Şekil 3.17. İyi ve kaba karışımların arıtım öncesi ve sonrası partikül dağılımı

Her iki halde de ayrıştırılan " $d_{lim}$ "den küçük çaplı partikül adedi aynıdır. Besleme hattında çok küçük partikülleri daha yüksek oranda içeren "iyi" olarak adlandırılan karışım, arıtıcı çıkışında toplam olarak daha yüksek sayıda partikül bulundurmaktadır. Şekillerden anlaşılacağı gibi "iyi" karışım özdeş arıtıcıda ve aynı yoğunlukta kaba karışıma oranla arıtıcı çıkışında yüksek partikül yoğunluğuna sahiptir. Besleme hattındaki elemanların seçimi ve pompanın cinsinin arıtım kalitesini ne ölçüde etkilediği bu örneklerle anlaşılmaktadır. Engellenmiş çökme olayı prosesi etkilemediği sürece giren akışkan içindeki partikül yoğunluğu çıkan akışkan içindeki partikül yoğunluğunu aynı şekilde etkilemektedir. Partikül yoğunluğu hacme göre %10 ve üstü seviyelere ulaştığı zaman etkin faktör olarak işlemi etkiler. Belli bir Q değerine kadar giren akışkandaki partikül konsantrasyonu çıkış değerini etkilemez.  $C_0$  besleme hattındaki partikül konsantrasyonu, C ise dışarı alınan

akışkandaki partikül konsantrasyonu olmak üzere bu iki değerin oranları ile akış miktarı  $Q$ 'nun logaritmik değerine göre çizilen Şekil 3.18'de,  $Q_b$  olarak gösterilen noktaya kadar olan  $Q$  değerinin çıkış konsantrasyonuna etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir (Alfa Laval, 1993).

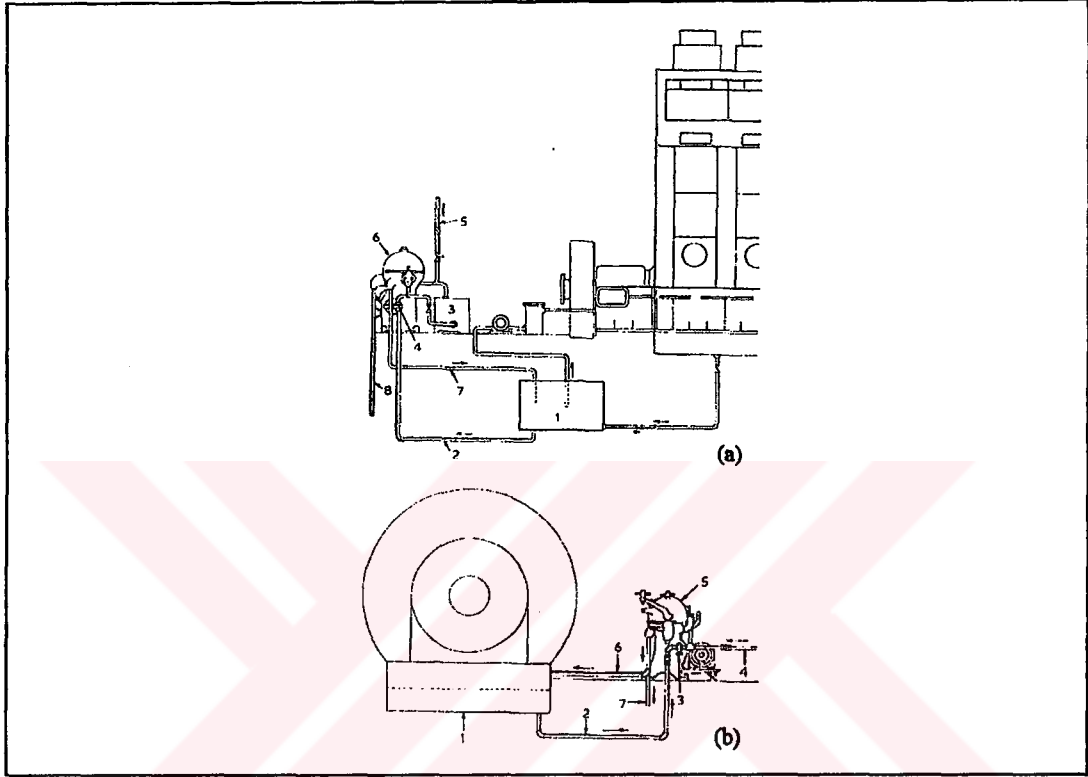


Şekil 3.18. Partikül dağılımının akış değerine etkisi

### 3.7. Yağlama yağı arıtımında dikkat edilmesi gereken hususlar

Temizlenmek istenen yağlama yağının makinanın yağlama yağı tankından ya da karterinden büyük oranda çekilmesi makinanın yağlanmasını zor duruma sokabilir. Bu maksatla yağ, tankın dibinden emilir ve dönüşü yağlama yağı pompasının emişinin yakınına verilir. Küçük ve orta büyüklükteki yağlama yağı sistemlerinde, makinadaki yağ boşaltılarak bir ısıtma tankına alınır. Bu arada makina yeni temiz yağ ile doldurulur. Isıtılıp arıtma işlemine tabi tutulmaya hazırlanan yağ temizlendikten sonra dinlendirme tankına alınır ve kullanıma hazır halde bekletilir. Şekil 3.19'de sürekli dolaşıma sahip iki yağlama yağı sistemi görülmektedir (Smith, 1983). Makinanın yağlama yağı tankı bir devre ile arıtma cihazının besleme pompasına bağlıdır. Yağlama yağını işleme hazırlamak maksadıyla bir ısıtıcı sistem bulunmaktadır. Temizlenen yağlama yağı cihaz çıkışından yağlama yağı tankı üst kısmına gönderilir. Ayrıştırılan su ve sulu çamur (artık maddeler) atık tankına bağlanır. Besleme

hattına, sistem ilk olarak çalıştırıldığında kullanılmak üzere bir sıcak su devresi bağlanabilir. Böylece yağlama yağı temizlenmek üzere sisteme alınmadan önce cihaz ısıtılmış ve temizlenmiş olur.



Şekil 3.19. Büyük ve küçük boy makinaların yağlama yağı arıtma sistemleri

3.19 a: 1-Makina yağ tankı, 2-Arıtıcı kirli yağ girişi, 3-Isıtıcı, 4-Pompa, 5-Sıcak su girişi, 6-Arıtıcı, 7-Temizlenmiş yağ çıkışı, 8-Çamur tankına gidiş

3.19 b: 1-Yağ tankı, 2-Arıtıcı kirli yağ girişi, 3-Pompa, 4-Sıcak su girişi, 5-Arıtıcı, 6- Temizlenmiş yağ, 7-Çamur tankına gidiş

Makinalarda kullanılan yağlama yağlarının performansını iyileştirmek ömrünü uzatmak için bir takım katkıları kullanılır. Bu katkıları yağlama yağı içindeki katı artıklardan oluşan kirlilik yaratıcıların çözülmeden kalmasını, toplanarak tortu oluşturmasını sağlarlar. Günümüzde yağlama yağlarında kullanılan katkıları

- Viskozite ıslah ediciler
- Dağıtıcılar, parçalayıcılar
- Temizleyiciler (Deterjan tipi)

- Anti-Oksidanlar
- Aşınma önleyiciler
- Köpük önleyiciler
- Korozyon önleyiciler
- Akma noktası düzenleyiciler
- Sürtünme azaltıcılar olarak sıralandırılabilir.

Deterjan tipi katkılar yağlama yağı içinde tamamen eriyebilmektedirler. Purifayerlerde kullanılan su ile yıkama sistemi hatalı kullanılırsa katkılar su ile çözelti oluşturabilir ya da yağlama yağı içinde erimeyen bir katkı şeklinde bulunabilir.

Santrifüj arıtıcı; yağlama yağlarının temizlenmesinde yağ içindeki su miktarı sistemin su tutma kapasitesini aştığı zaman purifayer olarak kullanılmalıdır. Yağlama yağı içindeki su kirliliği ihmal edilebilir düzeyde olduğu zaman sistem klerifayer olarak kullanılır. Klerifayer olarak kullanımda yağlama yağı içindeki az miktardaki su çekilebilmektedir. Su yıkama sistemli purifikasyon işlemi yağlama yağı içindeki suda eriyen asitleri, su kirliliğini ve katı partikülleri temizlemek için kullanılır. Bu sistem kullanılırken yağlama yağı üreticisinin referansları gözden geçirilmelidir.

Santrifüj temizleme sisteminde çökelmiş ya da bir araya toplanmış karbon artıklar ve diğer döküntüler temizleneceği için iyileştirici katkılar serbest kalırlar. Bazı katkılarında temizleme işlemi sırasında yağ içinden dışarı alınabileceği unutulmamalıdır. Bu dışarı alınan katkıların büyük bir kısmının görevini yerine getirdiği ve tesirsiz kaldığı kabul edilebilir. Katkıların tüketimi genellikle oksidasyon ve kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşur. Bu etkiler katkıları tamamen yada kısmen çözülmez hale getirir. Bu tesirsiz katkılar santrifüj arıtma neticesi yağlama yağından çekilebilir.

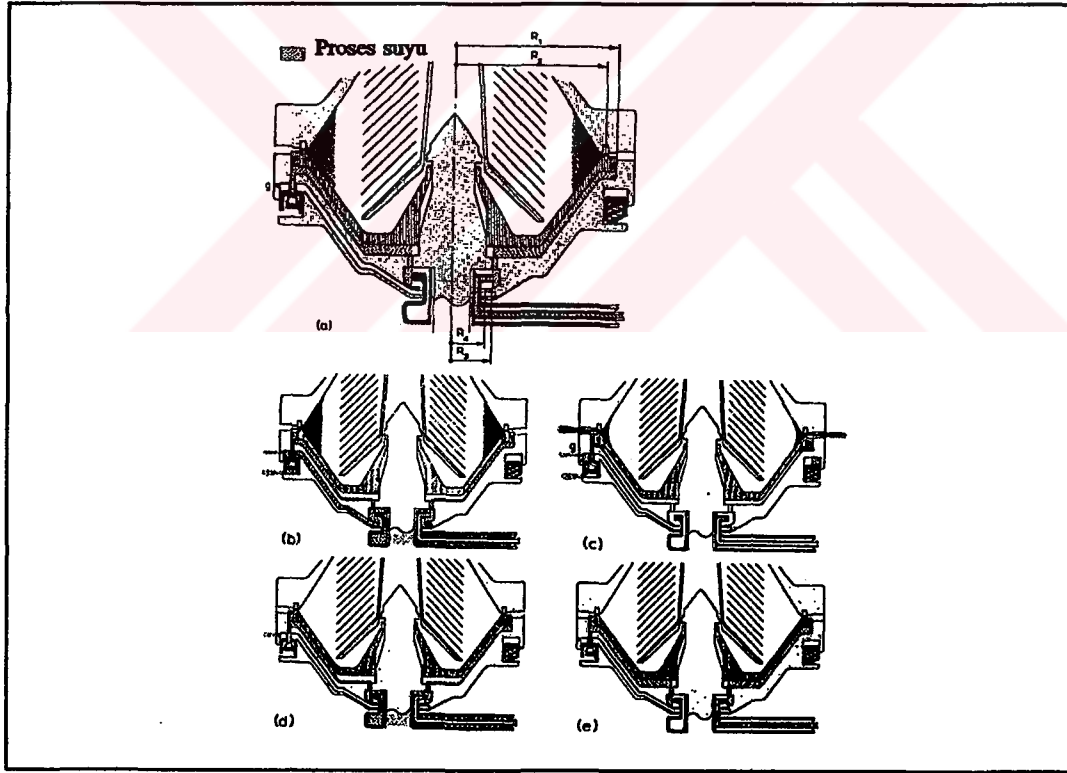
Santrifüj arıtma işlemi ile yağlama yağına yanma odasından karışabilen kurum dışarı alınabilir. Kurumun dışarı alınması, anti-oksidan katkıların görevini yerine getirmesine yardımcı bulunur. Anti-oksidan katkıların kurum ile birleşen miktarı dışarı alınır ama diğerleri yağlama yağı içinde eriyik durumunda olduğu için dışarı alınamazlar. Santrifüj arıtma su buharını çektiği için sülfür dioksit ve sülfürtrioksit'in gaz fazında kalmasını destekler. Bu gazlar yağ içinden diğer gazlar ile birlikte dışarı atılırlar. Metalik partiküllerin özellikle yüksek yoğunluktaki bakırın kolaylıkla çekilmesi organik asitler ve doğal asitlerin oluşmasını destekler nitelikte olay yaratabilir.

Deterjan tipi temizleyici katkıları kalsiyum sülfat oluşumunu nötrale eder. Nötrale edilen tuz parçacıkları rahatlıkla dışarı alınır. Yıkama suyu kullanıldığı durumlarda yağlama yağından daha yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Deterjan katkılı yağlama yağlarının sulu yıkama sistemlerinde kullanılması arzu edilmez. Mutlaka kullanılması isteniyorsa su oranı yağlama yağı hacminin %1'ini aşmamalıdır.

### 3.8. Bazı arıtıcı tiplerinin çalışma şekilleri

#### 3.8.1. Boyundan ve çevresel boşaltmalı arıtıcı tipi

Şekil 3.20'de sürekli ortamda çalışan aralıklı boşaltmalı bir sistem görülmektedir (Smith, 1983).



Şekil 3.20. Atıkların çevresel boşaltımı

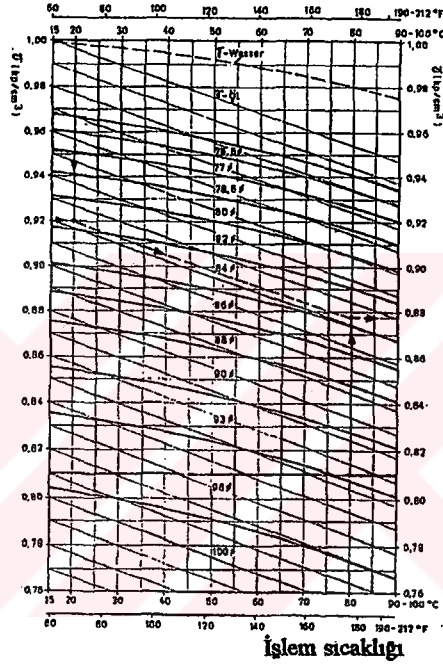
Şekil 3.20 a'da görüldüğü gibi atıklar kap çevresinde bulunan birden fazla dar uzun deliklerden dışarı alınır. Periyodik çıkışlar arasında bu delikler kap grubunun en altında bulunan ve çökeltme

haznesinde bir tampon oluşturan en alt kap tarafından kapatılır. Bu tampon kap proseste kullanılan proses suyu tarafından oluşturulan basınçla yukarı doğru itilerek bu görevi yerine getirir. Bu su tarafından oluşturulan basıncın arıtılan akışkan tarafından aşağı doğru oluşturulan basınçtan yüksek olmasının nedeni Şekil 3.20'de gösterildiği gibi  $R_1 > R_2$  olmasından kaynaklanmaktadır. Proses suyu sisteme kabın alt kısmında bulunan bir disk tarafından alınır. Bu disk kabın alt tarafında sabit olan  $R_3$  çapında bir sıvı çemberi oluşturur. Böylelikle besleme anındaki statik basınç dengelenir. Kirli atık dışarı alınacağı zaman proses suyu  $R_4$  olarak gösterilen kısımdan geçerek bir kanal boyunca hareketle tampon ringinin üst kısmından kayıcı elemanın üst tarafına ulaşır. Çıkış olmayan zaman aralıklarında kayıcı eleman yukarıya doğru olan hareketini altında bulunan yay kuvvetinden alır. Çıkış olacağı zaman aşağı doğru itilen kayıcı eleman çıkış kanallarını açar ve tampon kabın altındaki proses suyu dışarı akar (Şekil 3.20 b). Böylelikle açılan kanallardan kirli akışkan dışarıya püskürtülür. Kayıcı eleman üzerinde herhangi bir akışkan kalırsa Şekil 3.20 c'de "g" olarak gösterilen nozuldan dışarı alınır. Bu nozul sürekli açık konumdadır. Küçük olması nedeniyle sistemin çalışması anında oluşacak kaçak miktarı ihmal edilebilir düzeydedir. Dışarıya alma işlemi tamamlandığı zaman yay kayıcı elemanı yukarı doğru hareketlendirir. Böylelikle tampon kabın altındaki alanı dışarıya bağlayan kanallar kapanır (Şekil 3.20 d). Bu işlem sonucu proses suyu tampon kabın altına dolar ve kabı yukarı doğru kaldırarak çıkış deliklerini kapar. Şekil 3.20 e'de görüldüğü gibi dıştaki geniş kanal kapalı ve boş, içteki dar kanal ise dolu ve açıktır. En alttaki disk, besleme hattından kaynaklanan statik basıncı dengeleyerek kabın yeniden doldurulması için gerekli ortamı sağlar.

Klerifayer konumunda katı partiküller ve varsa su kabın iç çevresinde toplanır. Dışarı alınması anlatıldığı gibidir. Temizlenen akışkan ise merkeze doğru hareketlenerek kabın boyun kısmından dışarı alınır. Purifayer konumunda ise Şekil 3.12'de görüldüğü gibi iki çıkış mevcuttur. Katı artıkların toplanması ve dışarı atılmasında değişen bir konu yoktur. Ağır faz özgül ağırlık diskinin üst tarafından dış çemberden dışarı alınır. Hafif faz ise merkeze yakın çemberden dışarı alınır. Purifayer sisteminde su tamponu teşkili hafif faz ile ağır fazın birbirine karışmamasını sağlar. Bu nedenle sisteme temizlenecek akışkan alınmadan önce su alınmalıdır. Ağır faz ile sıvı faz arasında oluşan yüzeyin teşkilini, iki akışkanın özgül ağırlıkları ve özgül ağırlık diskinin iç çapı etkiler.

Aynı cihazda arıtılacak olan akışkan değiştirildiği zaman farklı özgül ağırlık diskleri kullanılır. Disk seçimi için 3.19 eşitliği öngörülmüştür. Bu eşitlik uygulamada genellikle kullanılmaz. "e" olarak

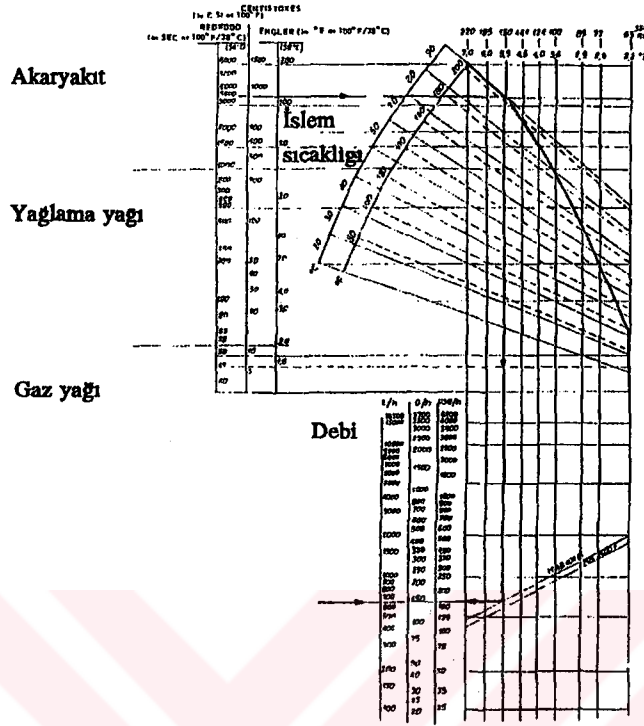
gösterilen ara yüzey yarı çapının değeri kullanıcı tarafından bilinmeyebilir. Bu maksatla cihaz kullanım klavuzunda 15° C'ta özgül ağırlığı bilinen ve ağır faz (tampon) sıvısı olarak tatlı suyun kullanıldığı durumlar için özgül ağırlık disk çapını ve işlem sıcaklığını veren grafikler bulunur (Şekil 3.21) (Westfalia AG).



Şekil 3.21. Özgül ağırlık disk seçimi

Örnek: 20° C'da yoğunluğu 0.92 kg/cm<sup>3</sup> olan ve 80° C'da ayrıştırma işlemi uygulanacak olan bir yağlama yağı için en uygun özgül ağırlık disk bu firmaya ait ve nitelikleri belirlenen santrifüj arıtıcı için 84 mm'lik çapa sahip olan disktr.

Şekil 3.22'de bilinen özgül ağırlık işlem sıcaklığı değerlerinden hareketle en verimli arıtmanın elde edileceği limit akış miktarı bulunabilir. (Alfa Laval, 1993)



Şekil 3.22. Arıtılan yağın özelliklerine göre aşılması gereken debi

Santrifüj arıtıcıda işleme tabi tutulan akışkanlar için proses sıcaklıkları ve kullanılacak suyun yağ/yakıt hacmine göre oranları aşağıda gösterilmiştir (Alfa Laval, 1993).

Dizel motor yağlama yağları ~ 75° C % 1 oranda su

Buhar türbini yağlama yağları ~ 65° C % 2 oranda su

Deterjan katkılı yağlama yağları ~ 80° C % 1 oranda su

Dizel yakıtları ~ 40° C % 1 oranda su

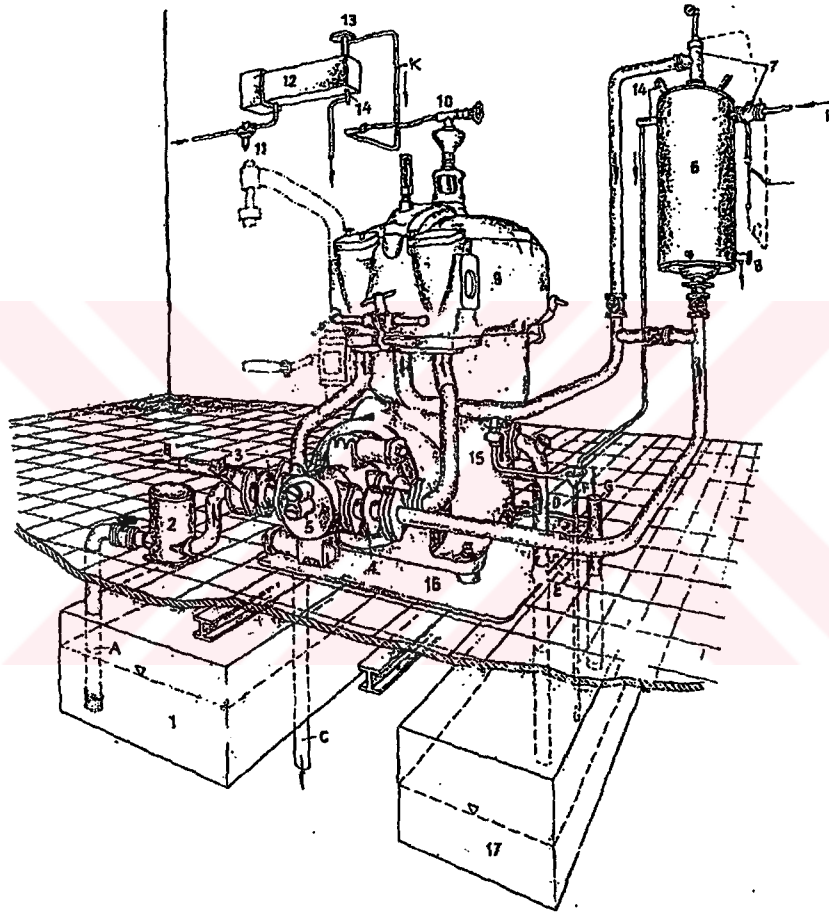
(oda sıcaklığı olabilir. Makina daire sıcaklığı ortalama 40° C'tir.)

Ağır yakıtlar 70-90° C % 1 oranda su

Arıtıcı purifayer şeklinde kullanıldığında tampon akışkan olarak kullanılan suyun sıcaklığı temizlenecek akışkan ile aynı olmalıdır. Tampon akışkan olan su ağır faz çıkışından dışarı alınmaya başlandığı zaman önerilen miktara düşürülür ve az miktardan başlanarak önerilen miktara ulaşana kadar temizlenecek akışkan sisteme alınır.

### 3.8.2. Boyundan boşaltmalı arıtıcı tipi

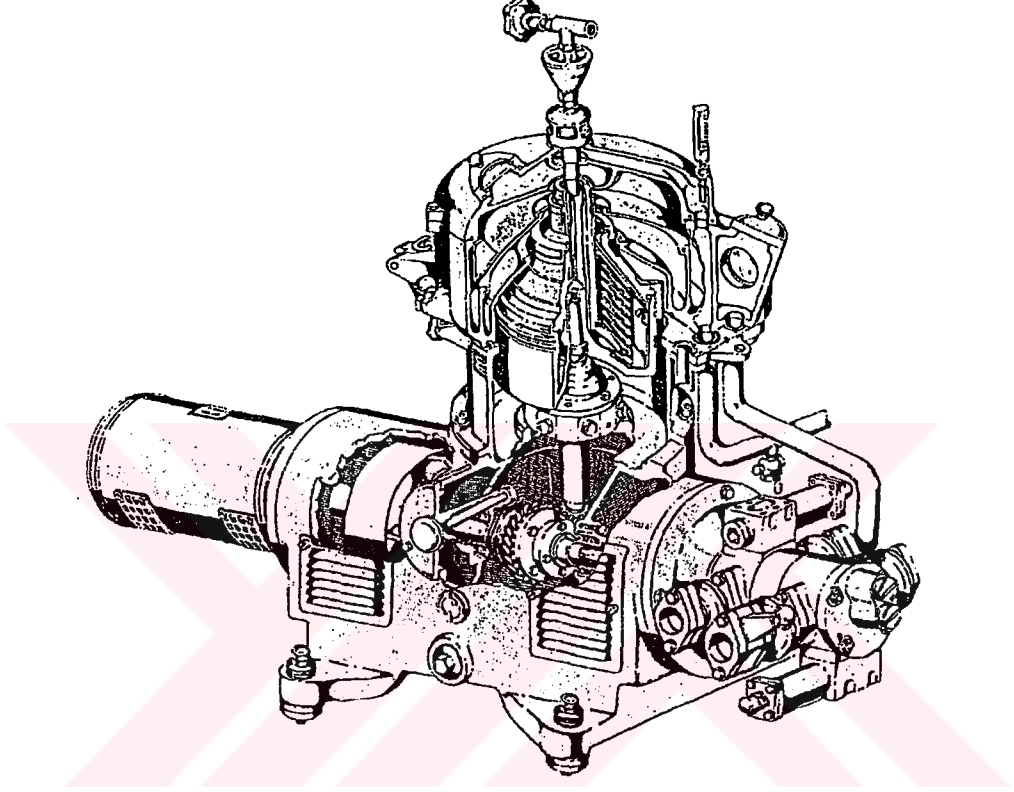
Şekil 3.23'da gemilerde kullanılan boyundan boşaltmalı santrifüj arıtıcı görülmektedir (Westfalia AG).



Şekil 3.23. Sürekli ortamda çalışan santrifüj arıtıcı sistemi

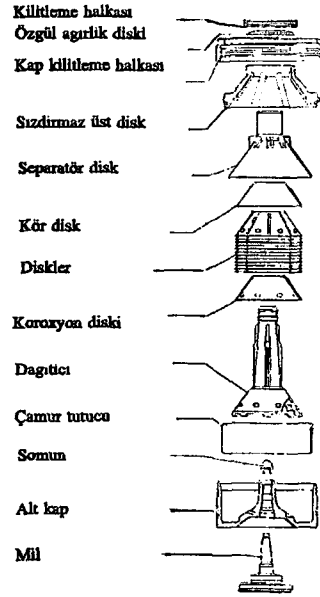
1-Kirli yağ tankı, 2-Ön filtre, 3-Debi ayar vanası, 4-Titreşim alıcı esnek eleman, 5-Dişli tip besleme pompası, 6-Buharlı ön ısıtıcı (yağlama yağını), 7-Otomatik sıcaklık kontrol elemanı, 8-Firar ventili, 9-Arıtıcı, 10-Su akışı ayar vanası, 11-Yüksek basınç emniyet ventili, 12-Elektrikli su ısıtıcısı, 13-Otomatik sıcaklık kontrol elemanı, 14-Emniyet ventili, 15-Gözetleme vanası, 16-Dişli grubu, 17-Sızıntı yağ tankı, A-Kirli yağ besleme devresi, B-Temiz yağ çıkışı, C-Kirli su çıkışı, D-Kirli partikül ve sulu yağ çıkışı, E-Dişli grubu yağ boşaltma devresi, F-Emniyet ventili ve gözetleme vanası sızıntı tank bağlantısı, G-Hava firar ventili, H-Isıtıcı buhar bağlantı devresi, K- Sıcak su bağlantı devresi

Şekil 3.24'de aynı arıtıcının kesiti görülmektedir.



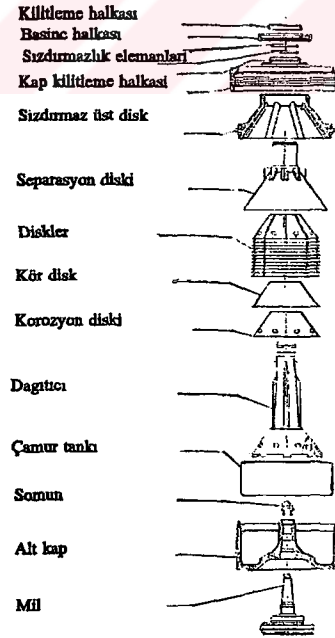
Şekil 3.24. Santrifüj arıtıcının kesit görünümü

Şekil 3.25'de arıtıcının purifayer şeklinde düzenlenmiş kesit görünümü verilmiştir.



Şekil 3.25. Purifayer kap düzeni

Şekil 3.26'da arıtıcının klerifayer şeklinde düzenlenmiş kesit görünümü verilmiştir.

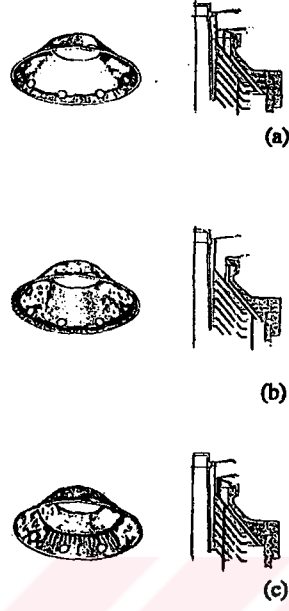


Şekil 3.26. Klerifayer kap düzeni

Sistem purifayer olarak kullanıldığı zaman Şekil 3.25'de görüldüğü gibi özgül ağırlık diski kullanılmaktadır. Ayırıştırılan yağ/yakıt ile suyun çıkışlarda birbirine karışmamasını sağlayan bu halkanın iç çapı deneysel olarak hesaplanabildiği gibi tablolardan da bulunabilir. Su çıkışı boyundan ve aralıksız olarak oluşmaktadır. Temizlenen katı artıklar kabın çevresinde toplanırlar ve kullanım sonunda arıtıcı açılarak temizlenmek zorundadır.

Aynı arıtıcı klerifayer olarak kullanılmak istendiği zaman su kullanılmadığı için su çıkışını kapatmak maksadıyla diskler üzerine bir eleman monte edilir. Şekil 3.26'da üstten beşinci olarak görülen eleman bu görevi sızdırmazlık sağlayarak yerine getirir. Diskler üzerinde bulunan deliklerin en altına bir kör disk yerleştirilerek kapatılır. Bu sayede kirli akışkan santrifüj kuvvetin en büyük olduğu kısma yönlendirilerek çökelme alanının tamamının kullanılması sağlanır. Temizlenen artıklar purifayer konumunda olduğu gibi kabın çevresinde toplanır ve işlem sonunda işletici tarafından temizlenir.

Deneysel olarak özgül ağırlık disk seçimine tahmin edilenden büyük çaptaki bir disk ile başlanır. Eğer iç çapı büyük bir disk seçilirse su çıkışından içinde yağ damlacıkları bulunan su elde edilir. Eğer çok küçük çaplı bir disk seçilirse temiz akışkan çıkışının içinde su bulunur. Doğru özgül ağırlık diskinin tespiti maksadıyla ilk kullanımdan sonra arıtıcı açılır. Kontrol etmek maksadıyla üstten bir kaç disk alınır (Şekil 3.27) (Westfalia AG).



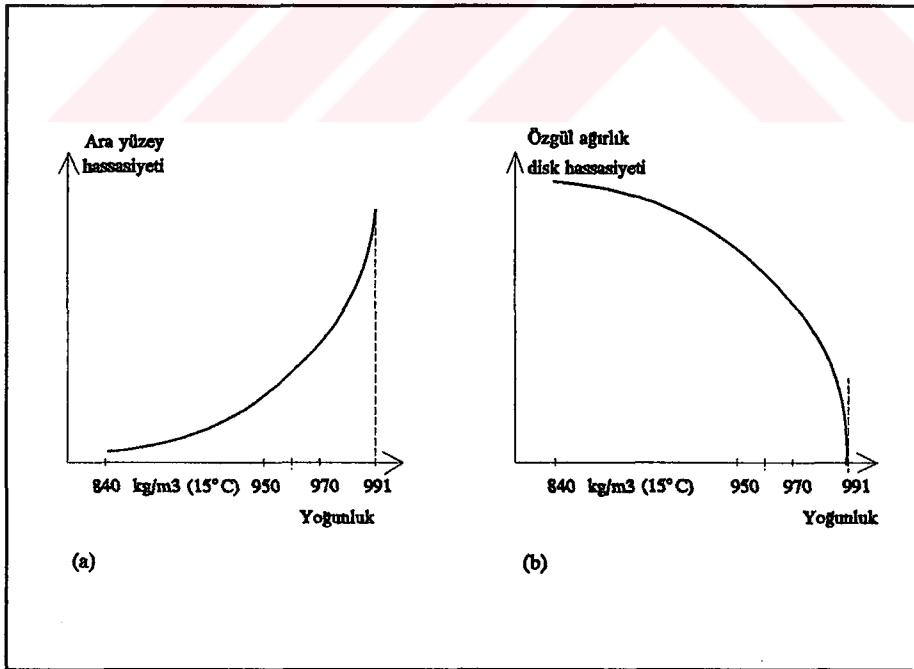
Şekil 3.27. Kullanım sonrası örnek disk görünümü

Şekil 3.27 a'da görüldüğü gibi, izler deliklerin orta noktalarından geçen bir çizgi oluşturuyorsa aranan disk bulunmuştur. Şekil 3.27 b'deki gibi izler elde edildiyse, çapı çok büyük bir disk kullanılmıştır. Su çıkışında yağ ya da yakıt var demektir. Şekil 3.27 c'deki gibi iz mevcut ise iç çapı çok küçük disk kullanılıyordur ve bu durumda temiz akışkan çıkışından su kaçmaktadır. Şekil 3.25'de görülen korozyon diski arıtıcıyı aşınmaya karşı korumak amacıyla alüminyum malzemenle yapılmıştır. Bu disk diğer disklerin altına yerleştirilir. Elektrokimyasal etkiyi üzerine alarak diğer elemanların aşınmasını engeller. Bu diskin arıtma etkinliği üzerinde bir etkisi yoktur.

### 3.8.3. Özgül ağırlık disksiz ALCAP FOPX/MFPX yakıt ve ALCAP LOPX yağlama yağı arıtma sistemi

Özellikle gemi dizel motorlarında kullanılan ağır yakıtları temizlemek maksadıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. Arıtıcının en önemli özelliği, purifikasyon yöntemi kullanıldığı zaman da özgül ağırlık diskinin kullanılmamasıdır. 25° C'ta en çok 1010 kg/m<sup>3</sup> yoğunluk değerine, 50° C'ta 700 cSt viskozite değerine sahip akışkanlar bu sistemde santrifüj yöntemiyle temizlenebilirler. Özgül ağırlık diskinin olmaması akışkanın yoğunluk ve viskozitesindeki düzensiz değişimlere karşın hiçbir ayar gerektirmeden sürekli en uygun arıtmanın yapılmasını sağlar.

Artan akışkan yoğunluklarında özgül ağırlık diskinin seçimi zor olduğu için iyi bir arıtma kalitesi oluşturmakta zorlanılır. Şekil 3.28 a'da ara yüzey teşkilinin hassasiyeti ile yoğunluk artışına göre deneysel sonuçlara göre elde edilen bir eğri gösterilmiştir. Şekil 3.28 b'de ise yoğunluğa göre özgül ağırlık diskinin yeterliliğini gösteren bir eğri çizilmiştir. Bu şekillerden de anlaşıldığı gibi yoğunluk değeri yüksek yakıt/yağlar için yüzey teşkili ve özgül ağırlık disk yeterliliği kötü yönde değişim göstermektedir (Alfa Laval, 1994).

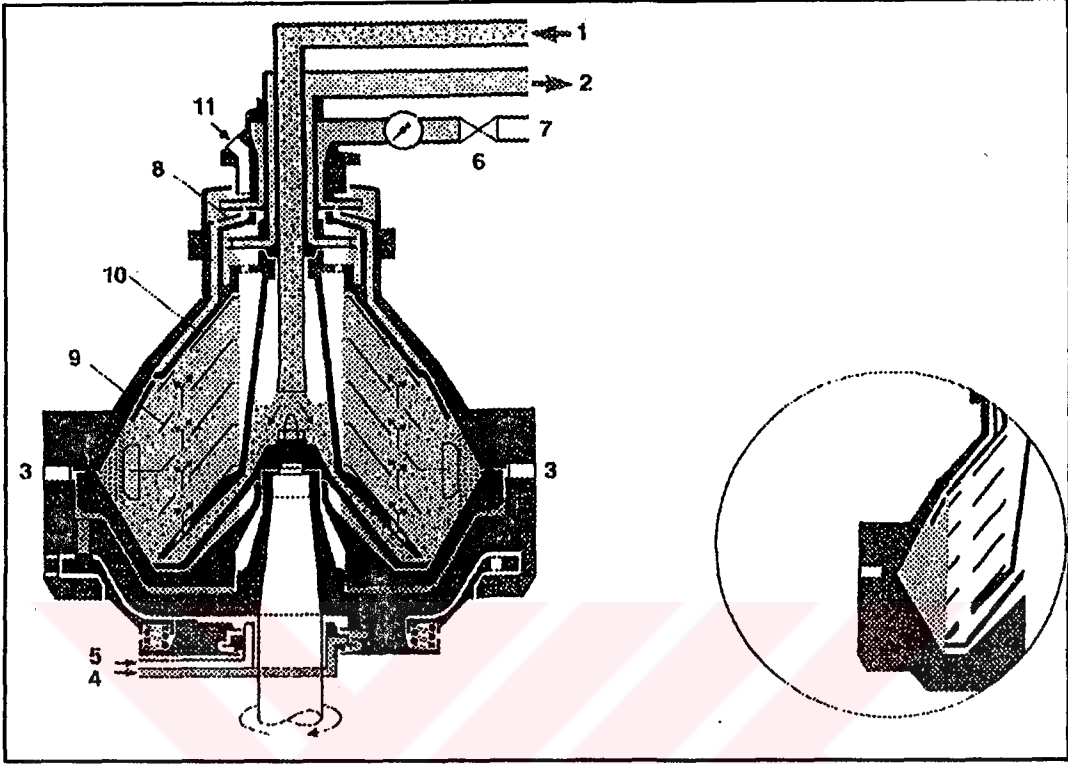


Şekil 3.28. Yoğunluk değerine göre ara yüzey oluşumu ve özgül ağırlık disk hassasiyeti değişimi

FOPX/MFPX ALCAP sistemi; pompalama, ısıtma ve özgül ağırlık disksiz arıtıcı birimlerinden oluşmaktadır. Bu sistem ile 15°C'ta 1010 kg/m<sup>3</sup>'e kadar yoğunluğa ve 50°C'ta 700 cSt viskozite değerine sahip akaryakıtlardan su ve katı partiküllerin temizlenmesine olanak sağlanmaktadır. 15°C'ta 1010 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa sahip akaryakıtların 50 ve 100°C arasında bir sıcaklık değerine ulaştırıldıklarında Şekil 3.14'de olduğu gibi sudan daha küçük yoğunluk değerine sahip olması, bu sistemde temizlenebilmesi için yeterli olmaktadır.

Arıtıcı içinde özgül ağırlık diskinin kullanılmaması işletme açısından bazı kolaylıklar sağlamaktadır. Bunlar disk seçimi ve kontrolü için harcanacak olan zaman ve insan gücü kaybı ile bakım aşamasında eleman sayısının azaltılmasından kaynaklanacak olan kolaylıklar olarak sıralanabilir. Özgül ağırlık disksiz santrifüj arıtıcılarda akış, su ya da kirlilik dışarı alınırken dahi kesilmez. FOPX/MFPX arıtıcısı temel olarak klerifayer çalışma prensibine göre çalışır. Temizlenen yağ sürekli olarak temiz yağ çıkışından dışarı alınırken, artıklar ve su kabın çevresinde toplanırlar.

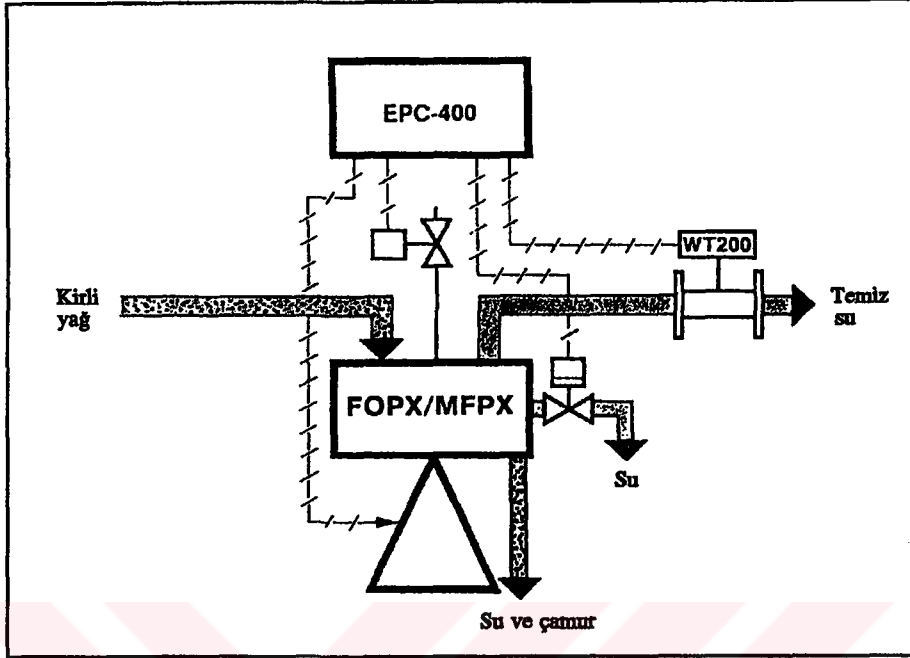
Şekil 3.29'de gösterildiği gibi, kirli yakıttan çekilen su disklere ulaştınca damlacıklar halinde temiz yağ çıkışına doğru yönelir (Alfa Laval, 1994).



Şekil 3.29. ALCAP FOPX/MFPX arıtıcı

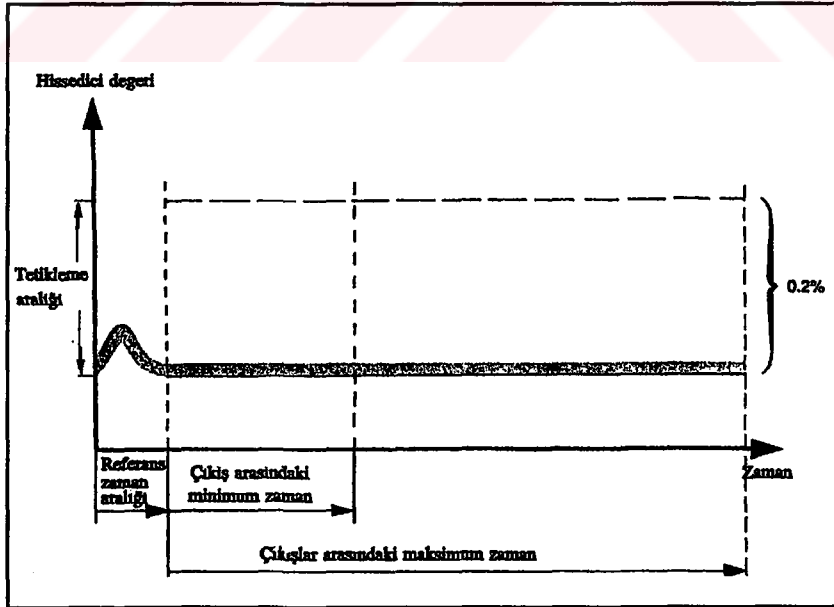
1-Besleme devresi, 2-Temiz akışkan çıkışı, 3-Katı partikül çıkışı, 4-Proses suyu girişi, 5-Proses suyu girişi, 6-Elk./pnomatik vana, 7-Su çıkışı, 8-Akış kontrol disk, 9-Diskler, 10-Üst disk, 11-İşletme suyu girişi

Temiz yakıt çıkışındaki su ve katı partiküller (kirlilik yaratıcı maddeler) çıkışa yerleştirilen hissedici tarafından algılanır. Referans olarak verilen değerden fazla katı partikül ya da su partikülü geçişi algılanınca EPC-400 adı verilen kontrol cihazına bu değer gönderilir (Şekil 3.30) (Alfa Laval, 1994).



Şekil 3.30. ALCAP FOPX/MFPX EPC-400 kontrol elemanı

Bu değer bulunmasına izin verilen su miktarının % 0.2'lik bir değişimidir. Bu değişim değeri Şekil 3.31'de gösterilen tetikleme değeridir (Alfa Laval, 1994).



Şekil 3.31. Su hissedicisi tetikleme değeri grafiği

Tetikleme değerine ulaşınca EPC-400 cihazı, kabın çevresinde toplanan su ve katı partikülün dışarı atılmasını sağlar. Arıtıcı boyun kısmındaki su çıkışından yada kabın çevresindeki kanallardan iki ayrı yolla kirlilik yaratıcı katı partikülleri ve suyu dışarı atar. Burada en önemli husus su çıkış vanası açıkken atık dışarı alma vanası kesinlikle açılmaz. EPC-400 cihazı sistem normal çalışırken minimum ve maksimum atık ve su boşaltma periyotlarına şartlandırılmıştır.

Tetikleme değerine ulaşılmasa bile tanımlanan bu zaman dilimine ulaşıldığında EPC-400 kontrol cihazında bulunan bir zaman sayacı otomatik olarak dışarı atılma kanalını açar. Bu maksimum ve minimum zaman aralıklarının tanımlanmasının amacı sisteme temizlenmek üzere gönderilen akışkanın içindeki su miktarının arıtma işleminin sağlıklı sürmesi için belirlenen su miktarına göre az yada çok olup olmadığının tespiti içindir. lilen bu değerler bir sonraki periyot için otomatik olarak sisteme alınacak suyun miktarını ya da alınıp alınmayacağını kararlaştırmak için EPC-400 isimli kontrol cihazında değerlendirilir.

Temiz akışkan içindeki yabancı maddeleri algılayan hissedici silindirik bir kondansatördür. Dielektrik ortamda su ve mineral yağlarının yarattığı sinyal farklılığını ölçerek görevini yerine getirir. FOPX/MFPX arıtıcısında özgül ağırlık diski yerine farklı fazların yollarını kontrol eden sabit çaptaki akış kontrol diski bulundurulur (şekil 3.29 a 8 no'lu eleman). Su ve katı artıklar aynı hacimde toplanır ve aynı zamanda dışarı alınırlar. Besleme pompası iki görevi aynı anda yapar. Bunlardan birincisi temizlenecek akışkanı sisteme almak, ikincisi ise arıtıcıyı basınç altında tutarak temiz akışkanın dışarı alınmasını sağlamaktır. Atık toplama bölgesi disklerin dışındaki bölgenin %70'ini oluşturur. Sistemi kontrol altında tutan EPC-400 elemanı aşağıdaki fonksiyonları kontrol ederek kullanıcını uyarır.

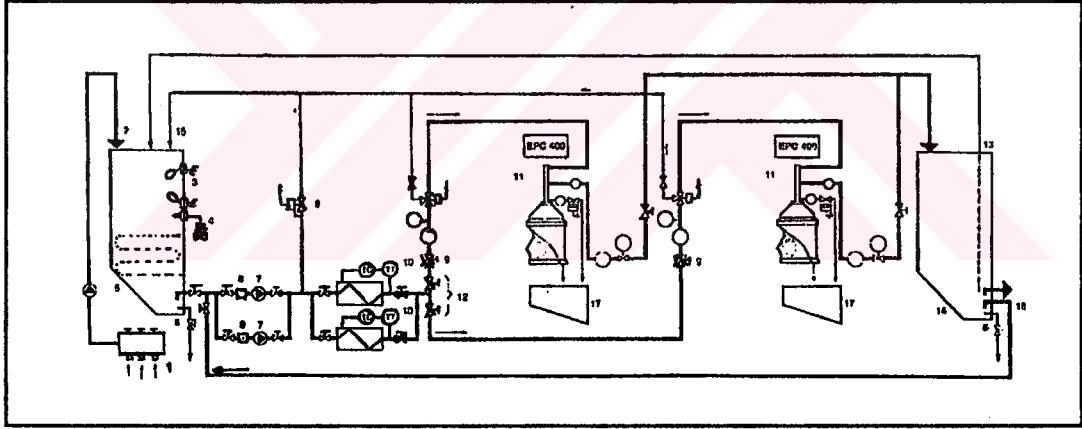
- Acil durdurma (titreşim kontrollü),
- Alçak yağ akışı kontrol,
- Alçak/yüksek akışkan sıcaklığı kontrol,
- Toparlanan atığın dışarı alınması,
- Temiz akışkan çıkışındaki hissedici hatası,
- n ısıtıcı hatası,
- Proses suyunun beslenmemesi hatası,
- Temiz akışkan çıkışında aşırı su tespiti,
- Ana güç kaynağı kontrolü.

Bazı arıtıcı modellerinin kapasiteleri Tablo 3.2'de gösterilmiştir (Alfa Laval, 1994).

Tablo 3.2. FOPX/MFPX arıtıcı modellerinin kapasiteleri

Arıtıcı Modeli	Max Kapasite (l/h)	Ağır yakıt - Dizel Motor yakıtı						
		Viskozite cSt/50° C						
		60	100	180	380	460	600	700
		İşlem sıcaklığı °C						
		80-98	90-98	90-98	98	98	98	98
FOPX-605	4700	2200	2100	1900	1200	1000	850	750
MFPX-307	10500	4900	4700	4200	2700	2300	1900	1700
FOPX-609	16000	7500	7200	6400	4200	3500	2900	2600
FOPX-610	19400	7500	7200	7000	5000	4300	3500	3100
FOPX-613	29400	11500	11000	9600	7000	6400	5300	4700

Ağır akaryakıtın temizlendiği örnek bir sistem Şekil 3.32'de gösterilmiştir.



Şekil 3.32. FOPX/MFPX ağır yakıt arıtma sistemi

Şekil 3.32'de gösterilen elemanlar ve görevleri aşağıda belirtilmiştir;

1. Akaryakıt depolama tanklarının sistem bağlantılarının yapıldığı vanalardan oluşan eleman.
2. Akaryakıt dinlendirme tankı. Besleme devresi tankın üst tarafına bağlanmalıdır. Tank içindeki akaryakıt ısıtıldığı için besleme hattından gelen akaryakıtın soğuk olması besleme pompasının emme tarafı için sorun yaratabilir.
3. Seviye gösterge ve kontrol elemanları
4. Dinlendirme tank ısıtıcısı. Pompalanabilme özelliğinin yüksek olması maksadıyla dinlendirme

tankındaki akaryakıt sıcaklığı  $40^{\circ}\text{C}$ 'in altına düşürülmemelidir. Üst sıcaklığı ise akaryakıtın tutuşabilme ve parlama sıcaklığından  $10^{\circ}\text{C}$  aşağıda olmalıdır.

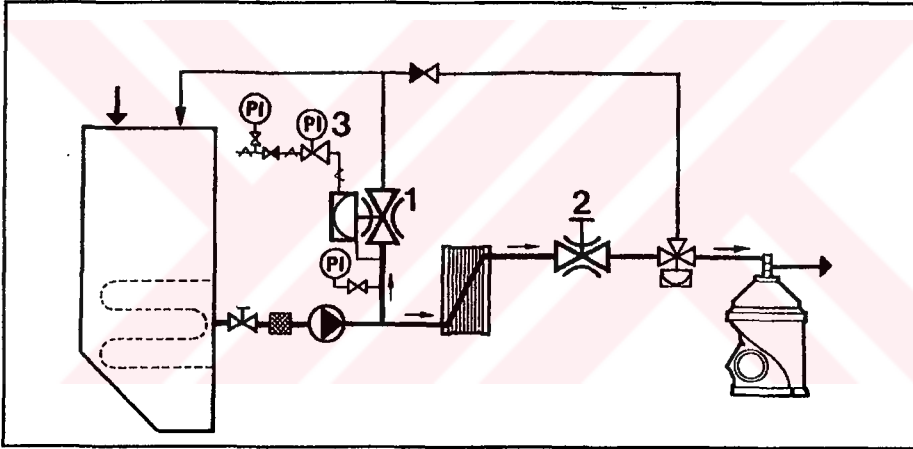
5. Tankın alt kısmındaki bu eğim çökelen su yada katı partiküllerin toplanmasını sağlar. Eğim sayesinde aynı zamanda sıcaklık dağılımı dengelenmeye çalışır.

6. Dinlendirme tankı boşaltma vanası

7. Pozitif deplasmanlı besleme pompası, iki ayrı pompa olmasının nedeni bir adedinin devrede iken diğerinin yedekte bekletilmesi içindir.

8. Filtre

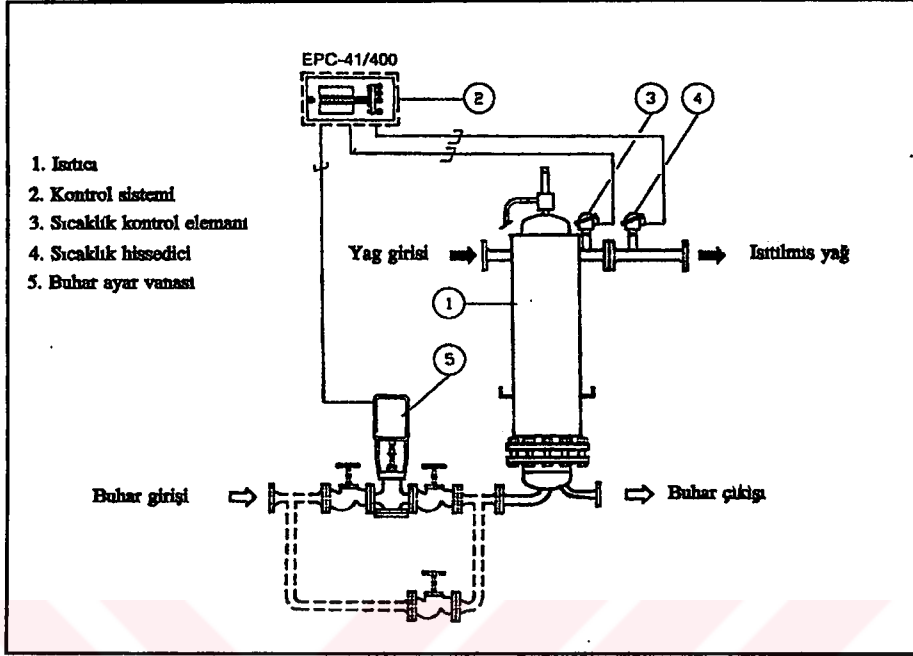
9. Pnömatik kumandalı sabit akış kontrol vanası. Şekil 3.33'de sabit akış kontrolünün nasıl yapıldığı gösterilmiştir.



Şekil 3.33. Sabit akış kontrolü

1-Pnömatik basınç kontrol elemanı, 2-Akış kontrol vanası, 3-Hava basıncı ayar elemanı

10. Sıcaklık ayar ve kontrol elemanı. Arıtma işlemi anında akışkan sıcaklığı sabit olmalıdır. Oransal integralik otomatik kontrol yöntemi, arıtma sıcaklığını  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  limitler dahilinde kontrol edecek şekilde ayarlanır. Sıcaklık kontrol elemanının açık şeması Şekil 3.34'de gösterilmiştir.



Şekil 3.34. Arıtma sıcaklık kontrolü

11. Arıtıcı
12. Arıtıcıların paralel çalışmasını sağlayacak olan bağlantı vanaları
13. Günlük servis tankından dinlendirme tankına bağlı taşıma devresi. Bu tankta çökecek suyun dinlendirme tankına alınmasını sağlar.
14. Dinlendirme tankındaki eğim benzer nedenlerden ötürü servis tankında uygulanmıştır.
15. Üç yollu vanadan dinlendirme tankına geri dönüş bağlantısı
16. Günlük servis tankı boşaltma ve temizleme devresi
17. Çamur tankları

FOPX/MFPX sistemi içerisinde kullanılacak olan arıtıcının belirlenmesi için dizel motorun sürekli olarak üretebildiği maksimum güç, kullanılan yakıtın cinsi ve viskozitesinin bilinmesi gerekir. Q istenen değer olduğuna göre (Alfa Laval, 1994)

$$Q = 0.238 \times kW = 0.175 \times HP \quad (\text{litre/saat}) \quad (3.27)$$

olarak bulunabilir.

Eğer sistem özgül yakıt sarfiyatına göre seçilecekse 3.28 eşitliği ile akış değeri bulunur.

$$Q = \frac{R \times B \times 24}{\delta \times T} \quad (\text{litre/saat}) \quad (3.28)$$

Burada "R" maksimum sürekli çalışma gücünü tanımlar. "B" değeri ise özgül yakıt sarfiyatına %18 aşınma, yakıt kirliliği ve kayıpların eklenmesi ile bulunur. "δ" yakıtın yoğunluğunu, "T" ise bir gündeki sürekli çalışma zamanını gösterir. Bulunan akış değerleri ile üretici firmadan cihaz talep edilir. Eğer aranan akış değeri çok büyükse paralel olarak çalışan birden fazla arıtıcı kullanılabilir.

ALCAP tipi arıtıcıların etkinliğini ölçmek için yapılan bir takım deneylerin sonuçları tablolar halinde verilmiştir. Tablo 3.3'de 15° C'da 1004,5 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa sahip ve % 0.1'den daha az suyu bünyesinde bulunduran yakıtta belirlenen ölçülerde su katılarak sisteme verilen ve temizlenen yakıt için yapılan test sonuçları verilmiştir (Alfa Laval, 1994).

Tablo 3.3. Su arıtma test değerleri

	YAKITTAKİ SU MİKTARI % Arıtmadan önce	YAKITTAKİ SU MİKTARI % Arıtmadan sonra
Deney 1	0.30	0.15
Deney 2	0.45	0.10
Deney 3	0.85	0.10
Deney 4	1.30	0.25

Yakıtın içinde aliminyum olarak analiz edilmiş olan katalizörlerin % 70 oranında temizlenmiş olması başarı sayılır. Katalizör arıtımının yapıldığı deneyde 15° C'ta 991 kg/m<sup>3</sup> yoğunluktan yüksek değere sahip yağlama yağı kullanılmıştır. Konvansiyonel tip arıtıcıda 991 kg/m<sup>3</sup>'ün üstündeki yoğunluk değerlerinde arıtma verimi çok düşüktür. Tablo 3.4'de bu deneyin sonuçları verilmiştir (Alfa Laval, 1994).

Tablo 3.4. Su ve Alüminyum partiküllerin arıtılması test değerleri

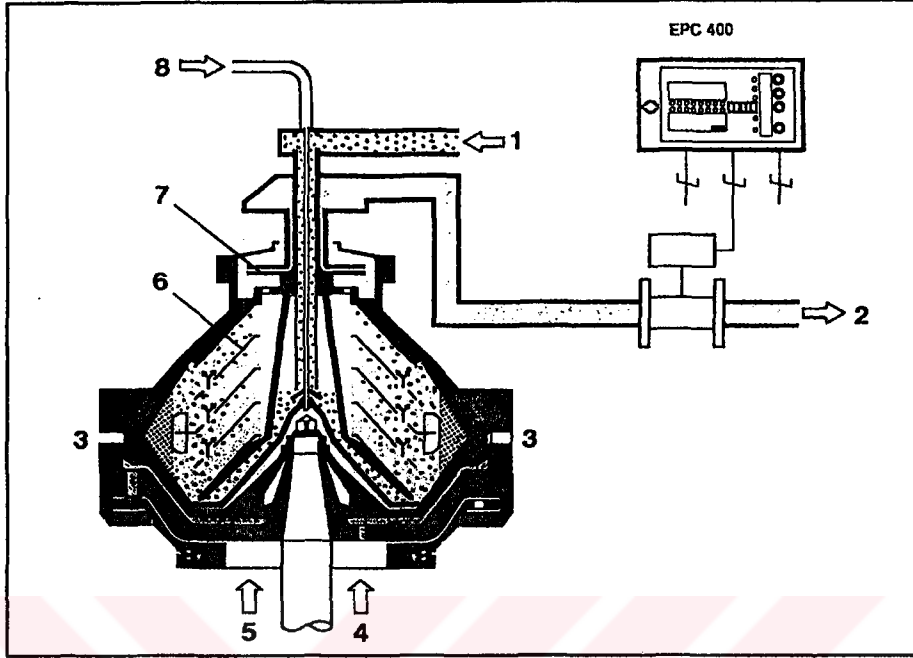
Test yerleri	Yağ özellikleri		Mevcut alüminyum			Su mevcudu	
	Yoğunluk (15° C kg/m <sup>3</sup> )	Viskozite (50° C cSt)	Besleme hattı (ppm)	Temiz yağ (ppm)	Alınan katalizör (%)	Besleme hattı (%)	Temiz yağ (%)
1.Gemi	1005	485	34	2	94	0,20	0,17
2.Gemi	1006	470	17	3	82	0,22	0,19
1.Deney	1010	532	24	7	71	2,0	1,6
2.Deney	1011	532	21	8	62	1,9	1,5

Tablo 3.5'de ise konvansiyonel bir purifayer ile ALCAP prensibi ile çalışan bir arıtıcı karşılaştırılmıştır. Testte kullanılan yağ 15° C'ta 982 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa ve 50° C'ta 380 cSt viskozite değerine sahiptir (Alfa Laval, 1994).

Tablo 3.5. Katı partikül arıtma test değerleri

	Partikül Büyüklüğü (µm)		
	5-6	6-8	8-10
Beslenme hattında partikül miktarı (ppm)	30.000	19.000	7.100
ALCAP ile temizlenmiş yağda partikül miktarı (ppm)	9.800	2.300	600
Konvansiyonel tarzda düzenlenmiş purifayer ile temizlenmiş yağda partikül miktarı (ppm)	11.000	3.100	900

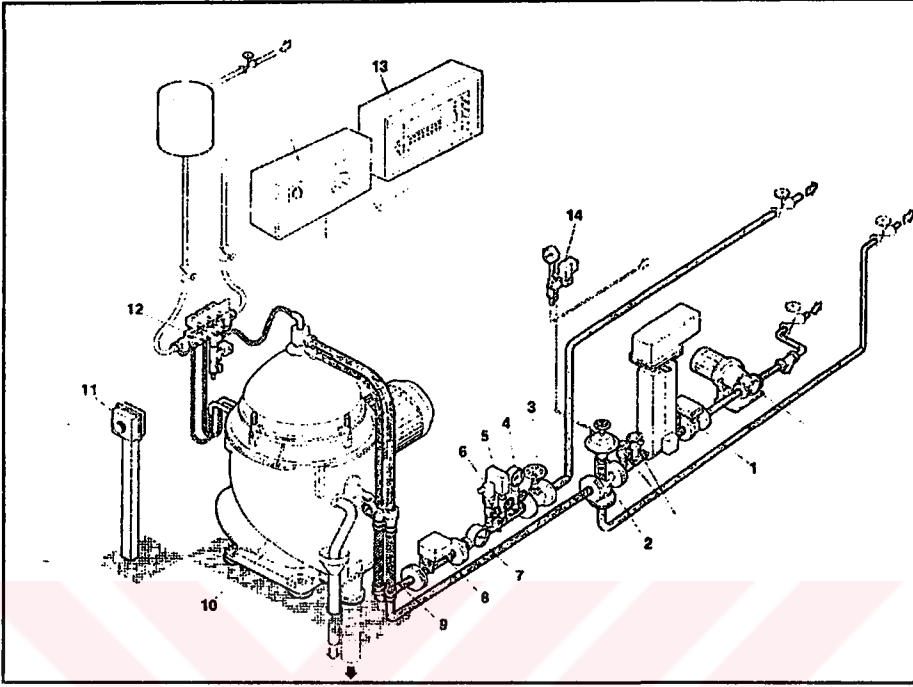
"LOPX" özgül ağırlık disksiz olarak yağlama yağlarının temizlendiği arıtıcıları tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Çalışma prensibi FOPX/MFPX yakıt temizleme sistemi ile aynıdır. Yağlama yağının özellikleri nedeniyle sistemde arıtılan yağ ile proses akışkanı olarak kullanılan su türbülanslı akım ve sıcaklık nedeni ile birbirlerine karışırlarsa suyun temizlenmesinden çok yağ içindeki suyun artması sonucu ile karşılaşılır. Yağlama yağlarında bulunan katkıları önceki bölümlerde açıklandığı gibi su ile temas haline geçtiklerinde çökebilirler. Ayrıştırılan artıklar çamur halinde olduğu için yapışıcı bir durumdur. Bu nedenle atıkların sistemden dışarı alınması zorlaşır. Bu nedenlerden ötürü sisteme gerektiği kadar su alınmalıdır. Şekil 3.35'de gösterilen LOPX arıtıcısının FOPX/MFPX sisteminden farklılığı hemen göze çarpmaktadır (Alfa Laval, 1993).



Şekil 3.35. LOPX yağlama yağı arıtıcısı

1-Yağ girişi, 2-Yağ çıkışı, 3-Çamur tank bağlantısı, 4-Proses suyu girişi, 5-Açma suyu girişi, 6-Diskler, 7-Kayıcı disk, 8-Tampon su girişi

LOPX sisteminde ayrı bir su çıkışı mevcut değildir. Sisteme gerekli olan tampon su miktarının tespiti ve boşaltma zamanları ile prensibi, tamamiyle FOPX/MFPX sistemi ile aynıdır. Şekil 3.36 'da bir LOPX sistemi ve elemanları gösterilmektedir (Alfa Laval, 1993).



Şekil 3.36. LOPX yağlama yağı arıtma sistemi

1-Akış kontrol elemanı, 2-Pnomatik üç yollu vana, 3-Akış kontrol vanası, 4-Basınç göstergesi, 5-Alçak basınç kontrol elemanı, 6-Yüksek basınç kontrol elemanı, 7-Akış göstergesi, 8-Su hissedicisi, 9-Esnek bağlantı elemanı, 10-LOPX arıtıcı, 11-Acil durdurma düğmesi, 12-Tampon su kontrol, 13-EPC 400, 14-Hava girişi

Arıtıcı seçiminde makinanın tipi, kullanılan yakıtın özellikleri, makinanın gücü, yağlama yağının cinsi dikkate alınır.

$$Q = k \times P \text{ (litre/saat)}$$

(3.29)

"k" burada bir boyut faktörüdür, bazı makina tipleri için Tablo 3.6'da verilmiştir. (Alfa Laval, 1993).

Tablo 3.6. Boyut faktörü

Makina tipi	Yakıt tipi	Boyut faktörü (k)
Kroshedli	HFO/MDO	0.09-0.17
Trank tipi	HFO	0.28-0.45
	MDO	0.23-0.28
	Dist	0.17

Q akış değerinin tespitinden sonra, Tablo 3.7'den arzu edilen arıtıcı seçilir. (Alfa Laval, 1993).

Tablo 3.7. LOPX arıtıcı modellerinin kapasiteleri

Arıtıcı modeli	Kapasitesi (l/h)	Yağlama yağı		
		MAKİNA TİPİ		
		KROSHEDLİ	TRANK TİPİ	
		Pas ve oksidasyon önleyici katkı	Deterjan katkı	Deterjan katkı
		Seperasyon sıcaklığı 85-95° C	Seperasyon sıcaklığı 85-95° C	Seperasyon sıcaklığı 85-95° C
LOPX 705	4900	1700	1500	1100
LOPX 707	9000	3200	2700	2000
LOPX 709	16000	5600	4800	3500
LOPX 710	19400	6800	5800	4300
LOPX 713	29400	10300	8800	6500

#### 4.0. PİS SU ATIKLARININ ARITILMASI

1973 yılında Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi'nin imzaya açılması ile MARPOL kaideleri adıyla anılan denizlerin kirlenmesinin önlenmesi ile ilgili uluslararası yaptırımlar yürürlüğe girmiştir. Buna göre pis suların boşaltımı ya uygun kara tesislerine yapılacak ya da gemi özel tanklarında depolanmış olanlar, özel işlemler uygulanarak denize basılabilecektir. Burada "pis su" deyimi:

- Her çeşit tuvalet, ürial ve hela frengisinden (boşaltma devreleri) gelen;
- Revir, hastane ve sair gibi yerlerde bulunan leğen, küvet ve frengilerden gelen;
- İçinde canlı hayvan bulunan mahallerden gelen;
- Mutfak ve çamaşırhanelerden gelen ve bu sulara karışan atıklar anlamına gelir.

Bir deniz aracında oluşacak olan pis su miktarını tespit için Avrupalı dizayn mühendisleri kişi başına (tuvalet yıkama suyuda dahil olmak üzere) 70 litre tuvalet atığı, 125 litre banyo temizlik ve çamaşır suyu harcadığını kabul ederek hesaplarını buna göre yaparlar. Amerika Birleşik Devletleri gemi dizayn otoriteleri ise bu değerleri kişi başına 110 litre tuvalet atığı ve 170 litre temizlik suyu olarak kabul etmektedirler (EES Co.).

İşlenmemiş lağım ve pis sularda erimemiş, çözünmemiş durumdaki katı atıklar kötü görünüm ve koku vermektedir. Bu atıklar parçalanmak için oksijen kullanırlar. Bu oksijen tüketimi o sularda bulunan balık ve diğer canlı varlıkların yaşamlarını tehlikeye sokacak boyutlara ulaşabilir. Evsel atıkların doğaya olan zararları bu kadar değildir. Aynı zamanda bu atık sularda koliform bakteriler (koli basili) mevcuttur ve bu yolla doğaya yayılırlar. Bunlardan Koliform bakterilerin bir çok hastalığa neden olduğu bilinmektedir.

IMO (Uluslararası Denizcilik Teşkilatı) kurallarına imzasını koyan ülkeler; karasularının sınırları içerisinde tahliye edilebilecek olan pis sulardaki kirlilik yaratıcı zararlı maddelerin sınır değerlerini bazı standartlarla açıklamışlardır. Üç ayrı değere göre düzenlenmiş olan bu standart değerlerinden ilki Biyokimyasal Oksijen Gereksinimi (BOD), ikincisi çözünmemiş katı atıkların miktarı ve üçüncüsü ise Koliform Bakteri (e-coliform) miktarıdır. Bu değerler içerisinde en önemlisi (BOD) Biokimyasal Oksijen Gereksinimidir. Daha önce açıklandığı gibi pis sulardaki bakteriler çözünmek

için sudaki oksijeni çekerler. Bu şekilde sudaki diğer canlıların ihtiyacı olan oksijen tüketilir. Ayrıca lağım suyunda bulunan ve yaşaması için oksijen gerekmeyen bakteri türleri temiz sularda çoğalırlar. Bu bakteriler hidrojen sülfat gazı üreterek kötü kokuya neden olurlar. Biokimyasal Oksijen Gereksinimi (BOD) 20°C'ta 1 litre lağım suyunun beş günde yeterli oksijen içeren sulandırılmış bir seviyeye gelmesi için gerekli olan Oksijen miktarı olarak açıklanır ve "BOD<sub>5</sub>" ile gösterilir. BOD<sub>5</sub> yukarıda bahsedilen sıcaklıkta ve belirtilen miktarlardaki lağım suyunun başlangıçta içerdiği oksijen miktarı ile beşinci gün sonunda içerdiği oksijen miktarları arasındaki fark olarak belirtilir. Beş gün ise lağım suyunun sulanması ve yeterli oksijen içermesi için gerekli olan en kısa zaman aralığıdır.

Çözünmemiş katı atıklar ise bir süzgecin ilk ve son tartımları arasındaki ölçülen değerlerin farkı ile değerlendirilir. Koliform Bakteri insan dışkısında bulunur. Bu, belirli ölçekteki bir lağım suyunda laboratuvar ortamında ölçülen bakteri miktarı ile değerlendirilir. Tablo 4.1'de tahliye edilebilecek duruma getirilmiş pis suyun IMO ve bazı ülkelerce kabul edilen standart değerleri gösterilmiştir (Smith, 1993)

Tablo 4.1. IMO ve Bazı Ülkeler Tarafından Kabul Edilmiş Pis Su Sistem Kalite Standartları

STANDART	KATI (mg/litre)	Koliform Bakteri (Adet/ml)	B.O.D. (mg/litre)	KLOR FAZLASI	DÜŞÜNCELER
A.B.D Sahil muhafaza Tip I	Gözle görülmeyecek	1000/100	Ölçümü gereksiz	Ölçümü gereksiz	31.1.78'den önce hizmette olan deniz araçları ile 31.1.83'e kadar yeni yapılan araçlara izin veriliyor.
A.B.D. Sahil muhafaza Tip II	150	200/100	Ölçümü gereksiz	Ölçümü gereksiz	30.1.78'e kadar hizmette olan deniz araçları için sipariş edilen tüm cihazlar ve 31.3.80'den sonra inşaatına başlanan deniz araçları için zorunlu değerler.
A.B.D. Sahil muhafaza Tip III	---	---	---	---	Pis su çıkışı yok. Atıklar tanklara depolanıyor, sahil istasyonlarına boşaltılıyor.
IMCO (Uluslararası Denizcilik Teşkilatı Konferansı Kararları)	50	250/100	50	---	Kongre kararları onaylanana kadar kurallar bazı ülkeler tarafından tek yanlı olarak uygulanıyor.
JAPONYA	150	1000/100	50	Zorunluluk yok	Tüm deniz araçları için zorunlu
KANADA	50	200/100	50	0.5 ile 1.0 mg/litre arasında	Tüm araçlar için zorunludur.
BDT (Kara deniz)	---	---	---	---	Pis su çıkışı yok. Tüm Deniz araçları için zorunludur.

Deniz araçlarında alınan önlemler ya hiç tahliye yapılmaması ya da pis su arıtma sistemlerinin çalıştırılarak belirtilen değerlerde pis su çıkışını sağlamaktır. Bu sistemleri çıkışı olmayan ve çıkışı olanlar olarak iki gruba ayırabiliriz. Tanımından da anlaşıldığı gibi, bunların birinci grubuna giren sistemlerde denize pis su boşaltması yoktur. İkinci grupta ise pis su arıtma sistemleri bulunmaktadır.

Halen günümüzde mevcut pis su arıtma sistemlerinin temel çalışma prensipleri Fiziksel/Kimyasal arıtma yapan sistemler, Elektrolitik arıtma yapan sistemler ve Biyolojik arıtma yapan sistemler olarak sıralanabilir. Gemide pis suların parçalanması ve dezenfeksiyonu için bir sistem mevcut olduğu takdirde, bu sistem mutlaka Tablo 4.1'deki standartları kontrol eden bir makam tarafından onaylanmış olmalıdır.

MARPOL hükümlerine göre aşağıda açıklanan tüm deniz araçlarında Tablo 4.1'de özellikleri belirtilen pis su arıtma sistemi bulundurulmak zorunluluğu vardır (Odman ve diğerleri, 1986)

a) (i) 200 ve daha büyük gros tonluk MARPOL hükümlerinin yürürlüğe girdiği tarihten sonra inşa edilen gemiler;

(ii) 200 gros tondan daha küçük ya da ölçülü bir gros tonajı olmadığı halde 10 kişiden fazla insan taşıması için belgeli olan; MARPOL hükümlerinin yürürlüğe girdiği tarihten sonra inşa edilen yeni gemiler;

b) MARPOL hükümlerinin yürürlüğe girdiği tarihten 10 yıl sonra (a) maddesinin (i) ve (ii) bentlerinde izah edilmiş olan büyüklüğe sahip mevcut gemiler.

IMO ya da diğer ülke standartlarını kontrol eden bir makam tarafından onaylanan bir sistem kullanan gemilerde toplama tankından boşaltılan pis suların birden değil; gemi saatte dört deniz milinden daha az olmayan bir hızla seyrederken parçalanmış ve dezenfekte edilmiş pis suları en yakın kıydan dört milden daha açık bir yerde boşaltabilirler. Parçalanmamış ve dezenfekte edilmemiş olanlar ise ancak sahilden oniki deniz milinden daha uzak bir yerde boşaltılabilirler.

Gemideki sistemde ilgili makamlarca tasdik edilmiş kurallara göre pis suları ıslah eden bir yöntem kullanıldığı zaman; boşaltılan atık sıvının etraftaki deniz suyunda gözle görülür yüzer atıklar oluşturmaması yada renk değişikliği meydana getirmemesi gerekmektedir.

#### 4.1. Pis su boşaltımı olmayan sistemler

Bu sistemler kısa süreli seyirler yapan küçük tekneler ile pis su boşaltımı kesinlikle yasak olan bölgelerde çalışan gemilerde kullanılır. Bu sistemlerde gemiler pis sularını toplama ve dinlendirme tanklarına alırlar. Küçük tekneler bunlara herhangi bir işlem uygulamaksızın sahil istasyonlarına boşaltırlar. Büyük tekneler ise pis suyu toplama tanklarında parçalama ve dinlendirme işlemlerine tabi tutarlar. Sonuçta atıkları müsaade edilen bölgelere yada sahil toplama istasyonlarına basarlar. Bazı uygulamalarda bu pis suyun dinlendirme tankından çekilen bir kısmı tuvalet temizleme suyu

olarak kullanılır. IMO kurallarına göre boşaltım yapılabilecek alanlar en yakın kıydan 12 deniz milinden daha uzak bir yerdir. Gemideki tutma tankı; geminin çalışma alanı, çalışan insan sayısı ve diğer ilgili faktörler gözönünde tutularak; yetkili makamlar tarafından bütün pis suları tutmaya yeterli olduğu kontrol edilir ve onaylanır. Tutma tanklarındaki seviyeyi gözle kontrol edebilecek bir düzenek bulundurulur. Pis suların bir alıcı tesise basılabilmesini sağlamak üzere gemiden dışarı doğru uzanan bir boru donanımı ve donanımın başında Tablo 4.2’de gösterilen bir standart kıyı bağlantısı mevcut olmalıdır (Odman ve diğerleri, 1986). Her sözleşme tarafının hükümeti, liman ve terminallerinde tekneleri lüzumsuz yere geciktirmeden pis sularını almak maksadı ile yeterli tesisleri bulundurmakla yükümlüdür.

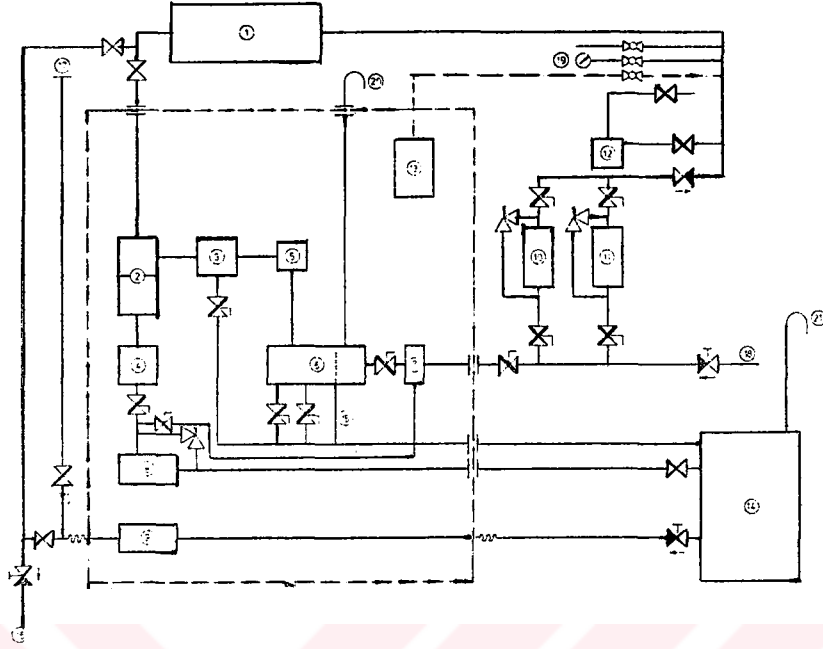
Tablo 4.2. Standart pis su boşaltım sistemleri

TANIM	BOYUTLAR
Dış Çap	210 mm
İç Çap	Borunun dış çapına uygun olacak
Civata daire çapı	170 mm
Flanştaki delikler	18 mm çapında 4 delik yukarıda çapı yazılı civata dairesi üzerine eşit aralıklarla konulacak, flanş yüzüne delinecek delik genişliği 18 mm olacak
Flanş kalınlığı	16 mm
Civata ve somun miktar ve çapı	Her biri 16 mm çapında ve uygun uzunlukta 4 adet

Flanş iç çapı, en çok 100 mm olan boruları içine alabilecek şekilde dizayn edilecek ve çelik veya eşit bir malzemedен yüzü düz olarak yapılacaktır. Bu flanş ve uygun bir conta, 6 bar çalışma basıncına dayanıklı olacaktır.

#### 4.2. Fiziksel/Kimyasal dezenfekte yapan sistemler

Bu sistemlerde pis su toplandıktan sonra, önce parçalama ve takiben kimyasal dezenfeksiyon işlemine tabi tutularak denize boşaltılır. Şekil 4.1’de örnek bir sistem görülmektedir (Taylor, 1983).

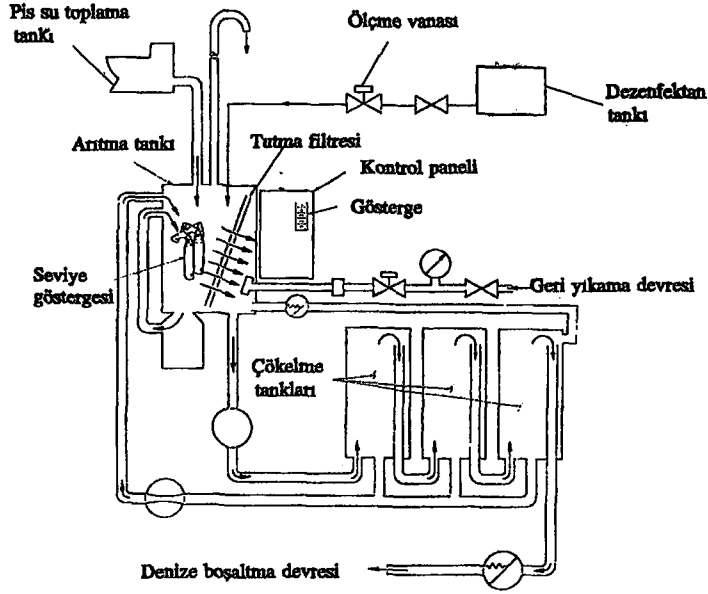


Şekil 4.1. Kimyasal pis su arıtma sistemi

1-Helalardan geliş, 2-Ayrıştırma tankı, 3-Ayrıştırılmış sıvı tankı, 4-Çamur tankı, 5-Klorlama birimi 6-Arıtma tankı, 7-Filtre, 8-Parçalama pompası, 9-Çamur pompası, 10-Pis su pompası, 11-Pis su pompası, 12-Akümlatör, 13-Kontrol paneli, 14-Çamur tankı, 15-Aşırı akış, 16-Denize boşaltma devresi, 17-Sahil bağlantısı, 18-Yıkama suyu bağlantısı, 19-Basınç geyci, 20-Arıtma tankı firar devresi, 21-Çamur tankı firar devresi

Sisteme giren pis suya çökeltme işlemi ve kimyasal sterilizasyon uygulanır. Kimyasal katkıları; pis suyu görünüm ve koku olarak arzu edilen düzeye getirmek için farklı noktalardan sisteme verilir. Bu katkıları aynı zamanda çökeltme ve sterilizasyonu sağlarlar. Katı artıklar kimyasal çözülmeye yardımcı olmak amacıyla filtrelerle tutulur ve parçalama tulumbası ile parçalanırlar. Bu sistemde kullanılan kimyasal katkıları klorin yada sodyum hipoklorittir. Katı artıklar tank içinde çökeltilir ve çamur tankına gönderilirler. Pis suyun kalan kısmı ise kokusu alındığı ve bakteriler öldürüldüğü için tuvaletlerde temizleme suyu olarak kullanılabilir. Bu tip sistemlerde dezenfekte edilen pis sular en yakın sahilden enaz dört deniz mili uzaklıkta boşaltılabilirler. Katı artıklar ise çamur tankından sahil istasyonlarına basılırlar. Bu işlem sırasında Tablo 4.2'deki standart pis su boşaltım devresi kullanılır. Sistemde günlük olarak kullanılan kimyasal katkıları dozajları kontrol edilmelidir. Aksi takdirde sistem elemanlarında korozyona sebep verebilirler.

Şekil 4.1'de verilen sistem Fiziksel/Kimyasal modellerin ilk tiplerindedir. Şekil 4.2'de ise daha modern bir sistem görülmektedir (Envirovac Inc.).



Şekil 4.2. Fiziksel/kimyasal pis su arıtma sistemi

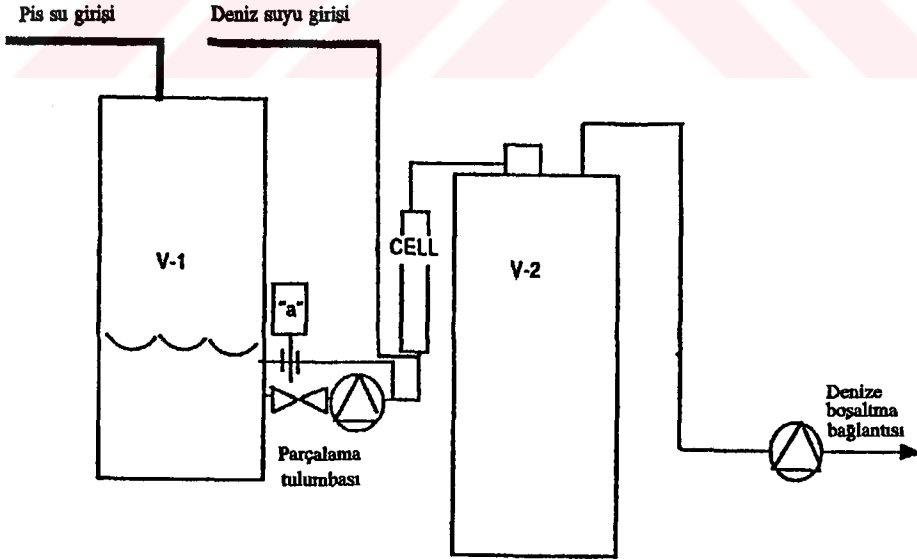
Pis su tesisatından gelen atık su, karıştırılarak yumuşatıldığı ve klorlandığı dezenfekte tankına girer ve tutulma/parçalama süzgeçinden geçer. Bu süzgeçten geçecek kadar küçülmeyen parçacıklar sürekli olarak parçalama tulumbası tarafından sirküle edilirler. Tıkanmanın önlenmesi amacıyla tutulma/parçalama süzgeci geri yıkama işlemine tabi tutulur. Dezenfekte tankından tek yönlü akış pompasının emdiği akışkan katı artıkların çökmesi için sedimentasyon (çökeltme) tanklarına basılır. Çökelen partiküller tekrar işlenmek için dezenfekte tankına geri gönderilir. Temiz akışkan geri dönüşsüz bir vanadan denize atılır. Dezenfekte işlemi kontrollü olarak yapılır. Bu işlemde kullanılan klor; klor tankından otomatik olarak emilir. "ORCA II A-36" 45 personeli bulunan bir gemi için dizayn edilmiştir. Sistem MARPOL ve A.B.D. Sahil Muhafaza tip II kurallarına uygun olarak çalışmaktadır. Bundan dolayı daha önce bahsedildiği gibi bu sistemin çıkışı dört denizmili/saat ten daha yüksek bir hızda gözle görülecek pislik bırakmadan denize basılabilir. Parçalama tulumbası dezenfekte tankının altına monte edilmiştir. Akış pompası sedimentasyon tanklarına dezenfekte tankından gelen akışkanı basar. Bu pompa aynı zamanda sedimentasyon tanklarında çökelen katı partikülleri toplama tankına geri yollarken, dezenfekte edilmiş akışkanı dışarı boşaltır. Dezenfekte işleminde kullanılan klor, ölçme (metering) sistemi ile kontrollü olarak dezenfekte tankına yollar. Yapılan ölçümlerde sistemden çıkan akışkan en fazla aşağıdaki değerlere sahiptir.

Katı atıklar	50 mg/l
Koli basili	250/100 ml
BOD <sub>5</sub>	50 mg/l
Klor	50 mg/l

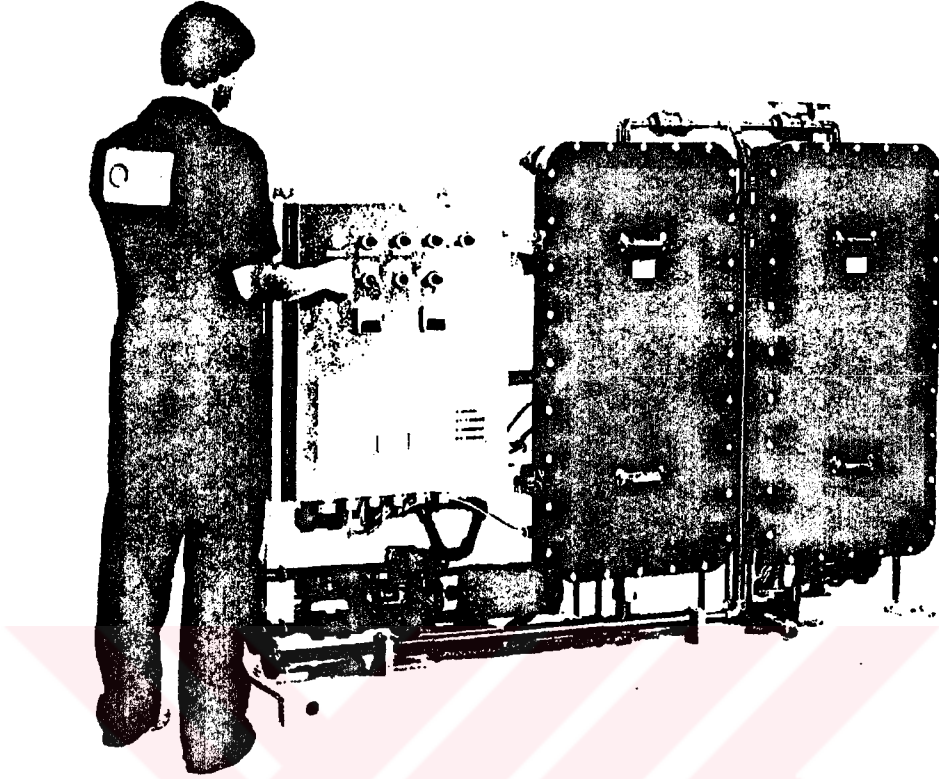
Fiziksel/Kimyasal sistemler işletilirken, dikkat edilmesi gereken en önemli konu klor'un nemli ortamlarda açığa çıkardığı toksit gazdır. Bu gazdan ayrıca ısındığı zaman yanıcı olan O<sub>2</sub> gazı ayrışır. Klor'dan açığa çıkan bu toksit gaz deriye ve gözlere direk temasta zarar verir. Bu nedenlerden dolayı sistemin bulunduğu mahallin iyi havalandırılması gerekmektedir.

#### 4.3. Elektrolitik sistemler

Elektrolitik sistemler temel çalışma prensibi olarak Fiziksel/Kimyasal dezenfekte edici sistemlerin alt başlığında incelenebilirler. İki sistemin en büyük farklılığı dezenfektan olarak kullanılan klor'un elde edilme yoludur. Bu sistemlerde de atık su önce toplama tankında biriktirilir ve parçalanır. Bu sisteme örnek olarak ELTECH firmasının 15MX OMNIPURE pis su arıtma sistemini gösterebiliriz. Şekil 4.3'de sistemin genel akış şeması, Şekil 4.4'de ise genel görünümü verilmiştir.

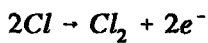


Şekil 4.3. Elektrolitik pis su arıtma sistemi akış şeması



**ŞEKİL 4.4. Elektrolitik pis su arıtma sistemi genel görünümü**

Parçalama işleminden sonra pis su elektrotların bulunduğu bölüme girer. Bu bölüme girerken pis su deniz suyu ile karıştırılır. Deniz suyunda bulunan tuzdan elektrolitik işlem ile sodyum hipoklorit elde edilir. Üretilen sodyum hipoklorit dezenfektan olarak kullanılır. Elektrotlar bölümünde tuzdan sodyum hipoklorit elde edilirken, bakteriler okside edilir. 15 MX OMNIPURE sistemi 500 kişinin pis su atıklarını dezenfekte etmek üzere dizayn edilmiştir. Sistemin en büyük özelliği konvansiyonel tarzdaki aynı arıtma özelliklerine sahip bir sisteme göre son derece küçük boyutlarda olmasıdır. Dezenfekte işlemi için kullanılan klor sistem içerisinde oluşturulduğu için Klor'dan oluşabilecek tehlikeler ile biyolojik sistemlerde açığa çıkan hidrojen sülfat gaz oluşumu yoktur. Sistem Elektrokimyasal arıtma prensibi ile çalışmaktadır. Sistem deniz suyunu dezenfekte işleminde kullanır. Hipoklorit oluşumunu sistemdeki elektrotlar sağlar. İşlem sırasında oluşan hidrojen gazı atmosfere atılır. Kullanılan hipoklorit deniz suyundan elde edildiği için temin, taşıma ve depolama masraflarından kazanç sağlanmıştır. Bütün bunlardan anlaşılacağı gibi sistemin kalbi klor üreten elektrotlardır. Tuzlu suyun elektroliz işlemine tabi tutulması sonucu klor anot kutbunda, hidrojen ise katod kutbunda toplanır. Elektrotlarda klor oluşmasını sağlayan reaksiyon aşağıdaki gibidir;



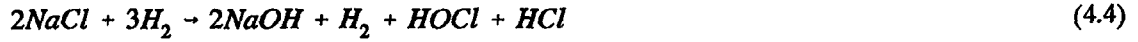
(4.1)



klor hipoklorit asid oluşturmak için reaksiyona girer.



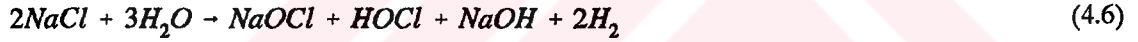
Başlangıç noktası tuz olduğuna göre, bütün reaksiyonlar toplanarak aşağıdaki eşitlik elde edilir.



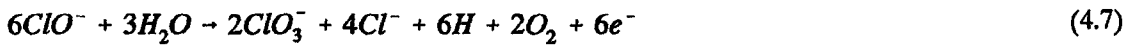
Elektrotta toplanan hipoklorik asit hipoklorit iyonu oluşturmak için ayrışmaya devam eder.



HOCl ve OCl<sup>-</sup>'nin konsantrasyonları yaklaşık aynı olunca reaksiyon eşitliği



olur. Sistemin çalıştığı ortamdaki deniz suyunun PH konsantrasyonu ve suyun sıcaklığı hipoklorit'in klorik asit tuzuna dönüşümündeki anodik oksidasyonunda etkili olur.



Hipokloritin Klorite dönüşümündeki katodik redüksiyon aşağıda verilmiştir.



Yüksek akış hızı ve alçak hipoklorit konsantrasyonu bu reaksiyonları etkiler.

Sistem bakterilere oksijen kazandırıp okside ederek ve hipoklorit ile dezenfekte ederek pis suyu temizlemektedir. V-1 olarak adlandırılan tank toplama tankı olarak görev yapmaktadır. V-1 tankı seviye alarmları sayesinde sürekli dolu konumda bulunmaktadır. İşlem sırasında V-1 tankına

elektrotlarda hipoklorit üretmek amacıyla deniz suyu alınır. Bu karışım parçalama tulumbası tarafından elektrotların bulunduğu bölüme gönderilirler. Elektrotlardan istenilen oranda akışkan geçmesi için parçalama tulumbasının çıkışına bir debi kontrol vanası konmuştur. Bu maksatla V-1 tankına bir geri dönüş devresi bağlanmıştır. Parçalama tulumbası katı parçacıkları en büyük boyutu 1.5 mm olacak şekilde parçalar. Elektrotlardan çıkan akışkan dezenfekte ve okside edilmiş olarak V-2 dinlendirme tankına gönderilir. Dinlendirme tankında akışkan yirmi ile otuz dakika arasında dinlendirilir. Bu bekletme esnasında okside edilememiş katı partiküller çökler. Çökelen katı partiküller tekrar V-1 tankına geri gönderilir. Elektrotlarda elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan hidrojen ve karbondioksit gazları bir ejekter yardımı ile emilerek bir miktar hava ile karıştırılır ve atmosfere atılır.

Sistemlerde toplama tank kapasiteleri hesaplanırken genellikle ortalama akış değeri referans alınır. Fakat bu sistemde geleneksel anlamda bir toplama tankı bulunmadığı için gün içerisinde pis suyun en çok olduğu bir saatlik periyottaki hacim esas alınır. Bu maksatla aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$S_h = V_e + (T_m - Q) \quad (\text{litre}) \quad (4.9)$$

$S_h$  = Bir saatlik zaman zarfında oluşan en büyük miktardaki pis suyun litre olarak hacmini vermektedir.

$V_e$  = V-1 tankının litre olarak efektif kapasitesi

$T_m$  = V-1 tankının dolu olduğu zamandaki maksimum işlem hızı (lt/saat)

$Q$  = Sisteme alınan deniz suyunun debisi (lt/saat)

4.9 eşitliğinden yola çıkılarak model seçimini sağlayacak Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Taşıntı hesaplama tablosu

TİP (MSD)	V-1 (Litre)	V-1 Efektif kapasite (Litre)	Deniz suyu ile birlikte ortalama çıkış (Litre/dak)	Max. çıkış (V-1 dolu iken) (Litre/dak)	1 Saatlik taşıntı hacmi (Litre)
4 MS	227	170	2	4	350
6 MS	227	170	4	8	530
7 MS	398	298	8	16	1018
8 MS	398	298	10	20	1198
12 M	447	355	18	36	1975
12 MS	454	340	18	36	1960
12 MX	1011	805	40	80	4405
15 MX	2540	2115	78	156	9252

4.9 eşitliği bir çok bilinmeyene sahiptir. Bu maksatla taşıntı akış değerini bulmak için Tablo 4.4 kullanılır. Tablo 4.4'de ise tecrübeler ile elde edilen sonuçlara göre bazı deniz araçları için ortalama pis su akımı ile çarpılarak taşıntı pis su değerini elde etmeye yarayan çarpanlar verilmiştir.

Tablo 4.4. Pis su akış çarpanları tablosu

ARAÇ TİPİ	UYGULAMA	ORTALAMA AKIŞ DEĞERİ ÇARPANI
YOLCU	1 Yemek servisli	4
	2 Yemek servisli	2.5
FERİBOT	8 Saatin altı yolculuk	2
	8 Saatten fazla yolculuk	2.5
PLATFORMLAR	3x8 saat vardiyalı	2
	2x12 saat vardiyalı	2.3
YÜK GEMİLERİ	Uzun yol	1.8

Yukarıda açıklananlardan başka, üretici firmanın önerdiği başka ve daha emin bir model seçimi hesaplaması aşağıda verilmiştir.

Birinci adım ( $V_d$ ) hacim hesabıdır:

1. Toplam yolcu ve personel adedi  $c = \dots$
2. Tablo 4.5'den günlük pis su miktarı  $V_i = \dots$  bulunur.

Tablo 4.5. Pis su kaynakları tablosu

KAYNAK	MİKTAR (litre/gün)
Tuvaletler	110
Duşlar/Lavabolar	75
Çamaşırhane	55
Mutfak	40

3.Günlük çalışma zamanı ( $F_0$ )

24 saat = 1.000	8 saat = 0.500	4 saat = 0.248
16 saat = 0.833	6 saat = 0.372	3 saat = 0.186
12 saat = 0.667	5 saat = 0.310	1 saat = 0.062

$$F_0 = \dots$$

$$V_d = C \times V_i \times F_0 \quad (4.10)$$

İkinci adım akışkan içindeki BOD ( $L_d$ ) yükünün bulunmasıdır.

1. Tablo 4.6'dan işlenecek akışkan debisi ( $L_i$ ) bul  $L_i = \dots$

Tablo 4.6. Pis su kaynakları ortalama akış tablosu

KAYNAK	DEBİ (kg/gün)
Tuvalet suları	0.060
Duş/Lavabolar	0.028
Çamaşırhane	0.009
Mutfak	0.036

$$L_d = C \times L_i \times F_0 \quad (4.11)$$

Üçüncü adım taşıntı faktörünün ( $F_s$ ) bulunmasıdır.

Tablo 4.4'den  $F_s$  değeri bulunur.

$F_s$  değerinin bulunması ile ( $S$ ) taşıntı değeri bulunur.

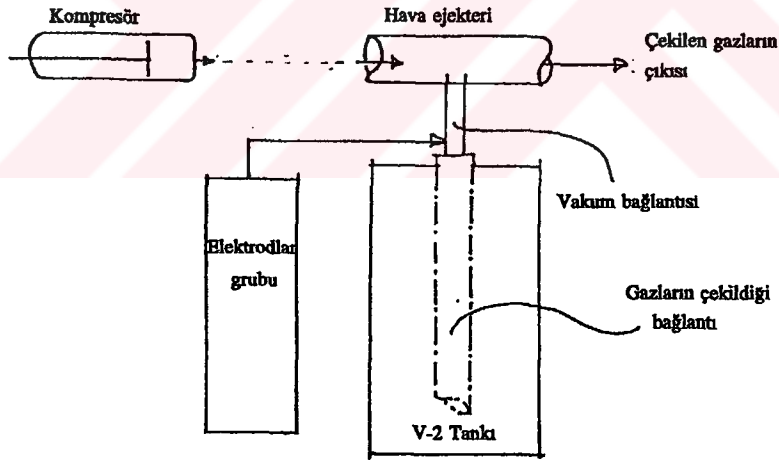
$$S = \frac{V_d}{(F_0 \times 24 \text{ saat})} \times F_s \quad (4.12)$$

Son adımda bu değerler ile Tablo 4.7'den en büyük değer girilerek model seçimi yapılır.

Tablo 4.7. OMNIPURE Pis su arıtma sistem kapasiteleri

MODEL	V <sub>d</sub> (litre/gün)	Ld (BOD <sub>5</sub> )	S (1 Saat)
4M/4MS	1500	0.78	350
6M/6MS	3000	1.62	530
7ME	4500	2.40	750
8M/8MS	7000	3.60	1150
12M/12MS	14000	7.20	2180
12MX	28000	15.00	4450
15MX	56000	30.00	9300

Deniz suyunun elektrolizi esnasında H<sub>2</sub>, pis sudaki organik maddelerin oksidasyonu sırasında da CO<sub>2</sub> gazları oluşmaktadır. Elektrodializden geçen akışkan V-2 tankına girdikten sonra bu gazlar vakum ortamı yaratılarak sistemden çekilir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Hava ejekteri

V-2 tankına bağlı ejekter (venturi) aracılığı ile sistemde vakum ortamı yaratılır ve gazlar dışarı alınarak hava ile karışmış olarak atmosfere atılır. Elektrotların maksimum etkinlikte çalıştıklarını kabul ederek 1 litre deniz suyundan 500 mg klorin elde edilebilir. Bu durumda açığa çıkan H<sub>2</sub> gazı 0.1716 litredir. CO<sub>2</sub> oluşumu ise pis sudaki organik madde yoğunluğuna bağlıdır. Bir litre pis sudaki

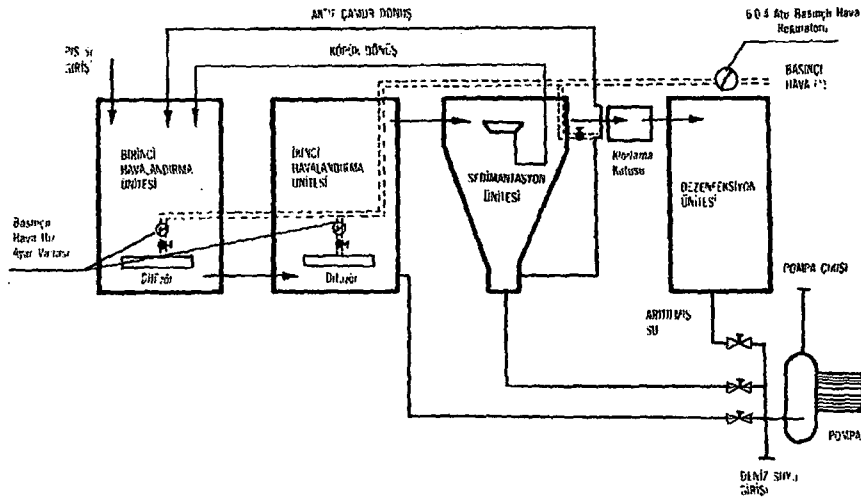
250 mg katı atık için 0.386 litre gaz oluşması beklenir. Bu sistem enaz %2 oranında tuz içeren su ile çalıştırılmalıdır. Kullanılan cihaz modeline göre deniz suyu ihtiyacı  $9 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{dak}$  -  $3.78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dak}$ 'dır. Bu akış sırasında basınç 8.5 barı aşmamalıdır. Akış otomatik olarak kontrol edilir. Parçalama pompası kanatlı tip; boşaltma pompası santrifüj tiptir.

#### 4.4. Biyolojik pis su arıtma sistemleri

Bu sistemlerde pis suları tamamen arzu edilen ve müsaade edilen oranlara düşürmek için oksijen seven bakteriler kullanılmaktadır. Bu sistemler birbirlerinin benzeri olarak üç ayrı bölümden oluşurlar. Sırasıyla havalandırma bölümü, dinlendirme bölümü ve klorlama bölümüdür. Şekil 4.6'de örnek bir sistemin akış diagramı görülmektedir (Hacettepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi).

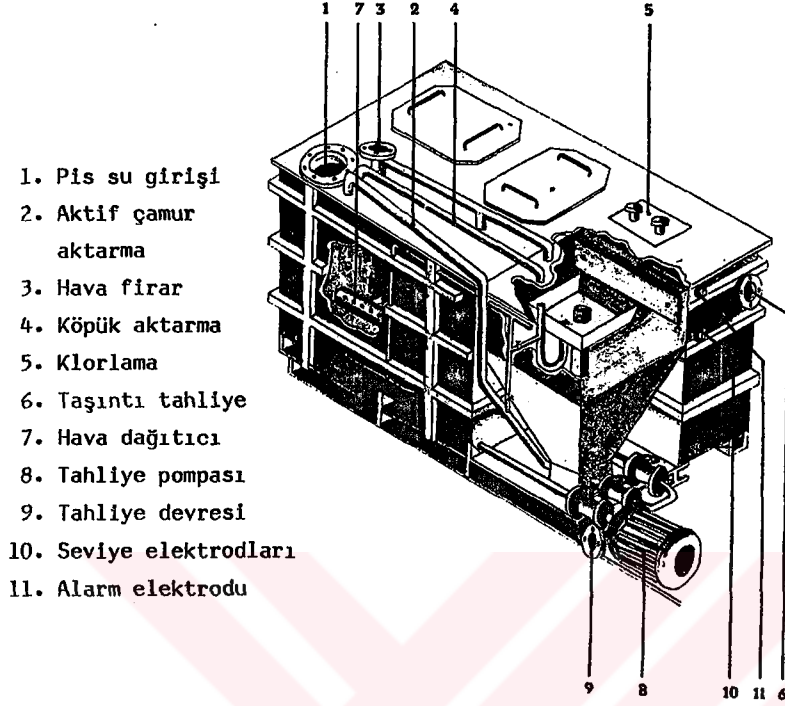
**BOD<sup>5</sup><sub>20</sub> (Biyolojik Oksijen İhtiyacı): 40 mg/lt'nin altında**  
**SS (Asılı Katı Konsantrasyonu) : 40 mg/lt'nin altında**  
**Koliform : 200/100 ml'in altında.**

#### GENEL AKIŞ ŞEMASI



Şekil 4.6. Biyolojik pis su arıtma sistemi akış şeması

Şekil 4.7'de ise aynı sistemin genel görünümü verilmiştir.



Şekil 4.7. Biyolojik pis su arıtma sistemi genel görünümü

Şekilde görüldüğü gibi bu sistemde havalandırma ünitesi iki kısımdan oluşmuştur. Her sistemde bu tank iki bölümden oluşmayabilir. Bunun yerine önce toplama tankı bulunabilir. Atık su önce havalandırma bölümüne girer. Bu bölümde kirliliği yaratan organik maddeler; havalandırma ünitesine önceden aşılınmış olan oksijen seven bakteriler yardımıyla parçalanarak karbondioksit ve su gibi zararsız maddelere dönüştürülürler. Bu bölümde bakterilerin beslenmesi için gerekli olan hava; geminin basınçlı hava sisteminden yada ayrıca monte edilmiş olan üfleyiciden sağlanır. Sisteme havanın türbülanslı akım şeklinde, kabarcıklar halinde ve karıştırılarak verilmesi gerekmektedir. Bu işlem için "Difüzör" ler kullanılır. Yiyici bakterilerin varlığı beslendikleri oksijen ve yedikleri mikroorganizmaya bağlıdır. Bu mikroorganizmalar insan ya da hayvan dışkılarından ve mutfaktan gelirler. Oksijen kesilirse farklı bir bakteri grubu ürer ve çoğalır. Bu bakteriler pis suyu hareketsiz çamur haline getirebilir. Bu olay sırasında hidrojen sülfat, karbon dioksit ve metan gazı oluşur. Bu gazların oluşması ve atığın çamur yığını haline gelmesi arzu edilmeyen bir durumdur. Normal çalışma sırasında oluşan Karbondioksit gazı hava firar ventillerinden dışarı alınırlar.

Havalandırma ünitelerinden çıkan akışkan çökeltme ünitesine geçer. Burada sudaki katı

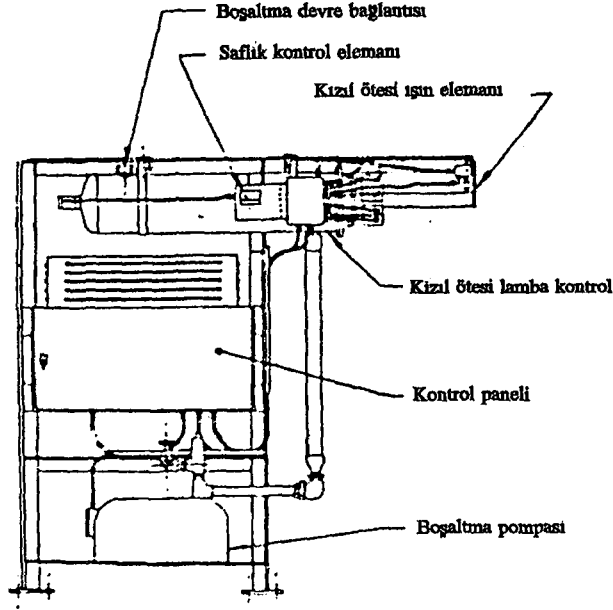
partiküllerin ve özellikle havalandırma ünitelerinde gerekli olan aktif çamurun çökmesi sağlanır. Çöken aktif çamur hava jeti yardımıyla havalandırma ünitelerine geri gönderilir. Çökeltme ünitesinde çökelen aktif çamur kötü koku yayar. Bunun nedeni oksijensiz ortamdır. Aktif çamurun tekrar havalandırma ünitelerine alınması bu kötü kokuyu kısmen ortadan kaldırır. Çökeltme ünitesinin üst kısmından çıkan durulmuş su klorlama kutusunda klorlanarak Dezenfeksiyon Ünitesine geçer. Burada suyun yeterli süre tutulmasıyla içindeki tüm patojen mikropların ölmesi sağlanır. Bu üniteden çıkan su arıtılmış su'dur.

İki ya da üç ayda bir çökeltme ünitesi, çökelen çamurların temizlenmesi maksadıyla boşaltılmalıdır. Bu çamur kesinlikle sahil istasyonlarına verilmeli ya da sıkıştırılarak yakıcılara gönderilmelidir. Dezenfekte işleminde kullanılan klor sistemlerin farklılığına göre sıvı yada tablet şeklinde olabilir. Tablet şeklinde olanlarda tabletler iki ayda bir kontrol edilir ve yenilenir. Sıvı dezenfektan kullanılan sistemlerde ise dezenfektan ayarlayıcı bir sistem mevcuttur. Pis su tankının her boşaltıldığında tulumba devreye girer ve dezenfektan maddeyi dezenfeksiyon ünitesine verir.

Pis su sistemde onsekiz ile yirmidört saat arasında kalır. Dezenfeksiyon ünitesinde kalma süresi ortalama bir saattir. Bu değerler sistem verimi için gerekli olan zaman aralıklarıdır. Dezenfekte tankına duru su alınırken duşlardan, frengi deliklerinden, çamaşır makinalarından gelen sularda bu üniteye alınır. Mutfak ya da atölyelerden frengi deliklerinden gelebilecek donmuş yağlar ve makina yağları ile petrol türevlerinin tutulması için süzgeçler kullanılır. Petrol ürünleri ve tuvaletlerde kullanılan dezenfekte maddeleri, yiyici bakterilere zarar verirler. Sistemin uzun aralıklarla çalıştırılmaması bakterilerin beslenmesini bozar, bakteriler ölür ve yenilenmesi gerekir.

Dezenfeksiyon bölümünde akışkanın üst seviyeye ulaşması ile pompa devreye girer. Biyolojik olarak arıtılmış olan su ya dışarı atılır ya da balast tankına alınır. Bu sistemlerde arıtma istenilen değerlerde olduğu için her yerde boşaltılabilir. Dezenfektanın sıvı olduğu sistemlerde; dezenfektan ayarlayıcı pompa devreye girer. Farklı iklim bölgelerinde uzun süreli olarak gidip gelen gemilerde atık miktarının devamlı değişmesi nedeniyle bu sistem iyi sonuç vermemektedir. Bu durumlarda başarılı sistem Fiziksel/kimyasal yöntemler uygulayanlardır. Biyolojik arıtma sistemleri diğer iki sisteme göre daha büyük boyutlara sahiptir. İşletmesi ve bakımı daha masraflıdır.

Günümüzde çok yaygınlaşmamış olmasına karşın pis su arıtma sistemlerinde de içme suyu arıtma donanımlarında kullanılan kızıl ötesi ışınlar ile dezenfeksiyon yöntemi kullanılmaktadır. Şekil 4.8'de böyle bir sistem görülmektedir.



Şekil 4.8. Kızıl ötesi ışınla dezenfekte yöntemi

#### 4.5. Pis su arıtma sistemlerinin verimini etkileyen faktörler

Atıkların sistemde arıtılması için gerekli olan zaman her sistem için belirlidir. Atıkların pis su akışı içinde sistemde bu gerekli olan zamanı bulabilmesi için belirtilen debi miktarının aşılması gerekmektedir. Tüm sistemler için zararlı olan ve çalışma verimini kötü etkileyen petrol ürünleri, asidik solüsyonlar ve diğer yabancı maddelerin sisteme karışması engellenmelidir. Bu istenmeyen maddeler çökeltme tanklarında, parçalanma tulumlarında ve tutma süzgeçlerinde tıkanmalara yol açabilir. Kimyasal arıtma uygulayan sistemlerde kimyasal reaksiyonların zincirini bozabilirler. Kimyasal arıtma yapan sistemlere tuvalet temizliği anında karışabilecek olan temizlik maddeleri dezenfekte işlemi yapan kimyasal madde oranını bozarlar ve çıkışta yüksek oranda klor bulunabilir. Biyolojik arıtma yapan sistemlerde yabancı maddeler mikroorganizmaların varlığını tehlikeye sokarlar. Mikroorganizmaların yaşamlarını sürdürebilmesi için yeterli oksijene sahip olmaları gerekmektedir. Bu maksatla mikroorganizmaların bulunduğu bölüme sürekli olarak taze hava basılır. Bu havanın kesilmesi yada azalması mikroorganizmaların ölmesine neden olur. Sistemlerin verimlerini artırmak maksadıyla mutfaklara çöp öğütücüler bağlanabilir. Böylelikle biyolojik sistemlerde mikroorganizmaların beslenebilme şansı artırılabilir. Diğer sistemlerde ise tıkanma önlenir. Çamaşırhanelerde ve tuvaletlerde çamaşır suyu kullanımı engellenmelidir. Deterjan ve temizlik maddeleri içeren pis su devreleri biyolojik arıtma sistemlerinde mikroorganizmaların düzenini bozmamak için havalandırma bölümlerinden sonra çökeltme ünitesine bağlanırlar.

Kimyasal arıtma yapan sistemlerde önce toplama tanklarında bu suların dinlendirilip çöktürmeye ve havalandırılmaya tabi tutulması verimi artırıcı rol oynar.



## 5.0. SONUÇ

Yağlısu arıtıcıları ile pis su arıtma sistemleri yaşadığımız çevrenin kirlenmesini önlemek amacıyla kullandığımız sistemlerdir. Bu sistemlerin gemilerde bulundurulmasının ve istenilen şartlar çerçevesinde işletilmesinin zorunlu olduğu uluslararası anlaşmalara dayanarak belirtildi. 3. Bölümde incelenen yağ/yakıt arıtıcıları ise bulundurulması zorunlu olmayan ama geminin can damarını teşkil eden makinalarının sağlıklı çalışması için gerekli duyulan sistemlerdir.

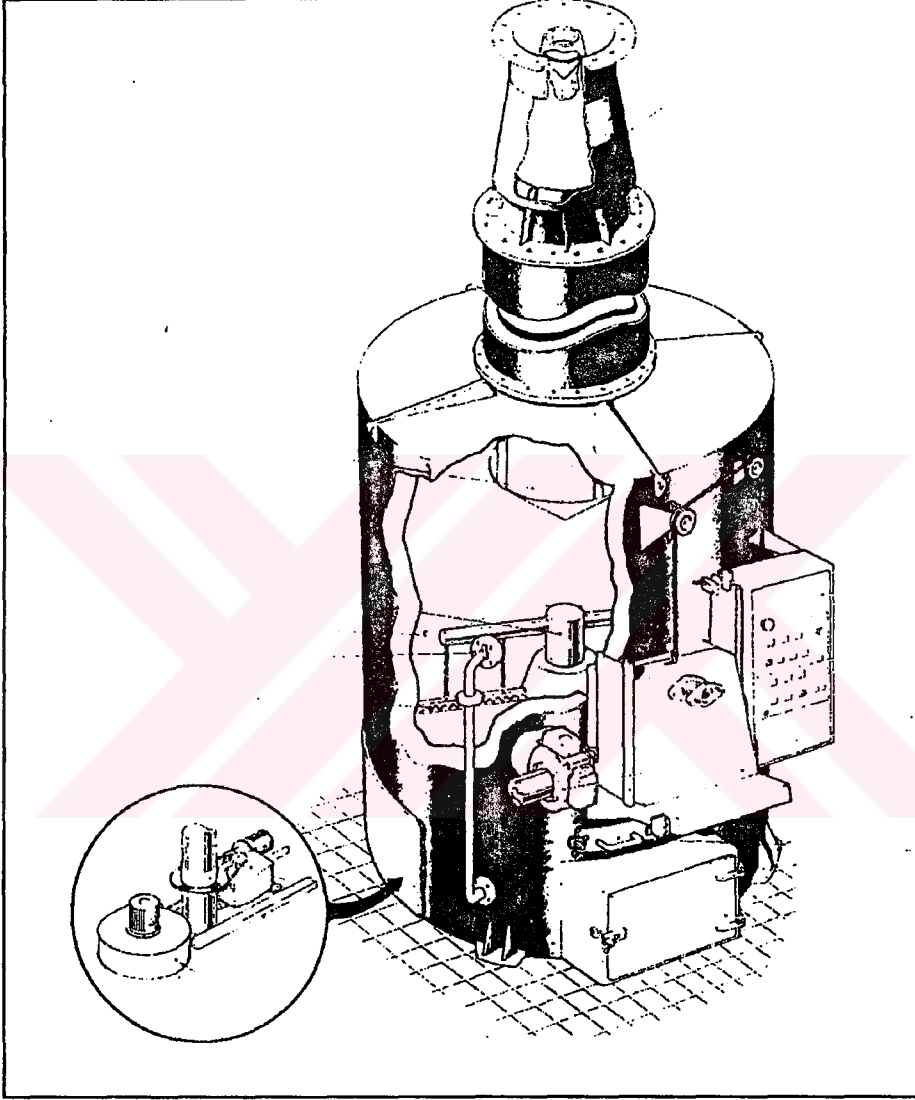
Sistemlerin çalışma prensiplerini karşılaştırsak; yağlısu arıtıcıları ve yağ/yakıt arıtıcıları aynı temel prensipte çalışırlar. Her iki sistemde de akışkanların özgül ağırlık farklılıkları ve yerçekimi kuvveti etkisi kullanılmıştır. 2. ve 3. bölümlerde detaylı olarak açıklandığı gibi yağlısu arıtıcılarında viskoz ortam deniz suyu; yağ/yakıt arıtıcılarında ise viskoz ortam yağ ya da yakıttır. Dolayısı ile yağlısu arıtıcılarında yabancı madde olan yağ ve yakıt yüzeyde toplanarak katı partiküller ise çöktürülerek ayrıştırılır. Yağ/yakıt arıtıcılarında bu temel etkenlere santrifüj etkisinde eklenir. Bunun sonucu viskoz ortamdaki yabancı madde olan su ve katı partiküller cihazın iç çevresinde toplanmaya yönlendirilerek ayrıştırılırlar. Çökmeyi oluşturan yerçekimi etkisinin santrifüj kuvveti ile birlikte kullanılması, prosesin bu şekilde tamamlanmasına neden olur. Her iki sistemde de cihazların kullanımlarından sonra temizlenmesi çok önemlidir. Çağdaş teknolojiye yağlısu arıtıcıları geri yıkamalı sistemler olarak geliştirilmiştir. Yağ/yakıt arıtıcılarında ise cihazlar her kullanım sonunda açılıp mutlaka temizlenmelidir. Bu temizleme anında özgül ağırlık diskleri ile çalışan sistemlerde doğru özgül ağırlık disklerinin kullanılıp kullanılmadığıda kontrol edilmiş olur. Yakıt ve yağlısu arıtıcılarının çıkış devreleri üzerinde kullanılan hissediciler dielektrik ve ışığın yayılması prensibi ile çalıştıkları için kullanım kılavuzlarında belirtilen zamanlarda temizlenmesi gerekmektedir. Yağlısu arıtıcılarının çalışmasını kötü yönde etkileyen en önemli etken, makine dairelerinin temizliğinde kullanılan deterjanlar ile dairede çeşitli maksatlarla kullanılan gres yağlarıdır. Bunların sintine suyuna karışması engellenmelidir. Yağlısu arıtıcılarında esas etken güç santrifüj kuvvet olduğu için bu kuvvetin oluşmasını sağlayacak olan dönme hareketi ön plana çıkmaktadır. Dönme hareketini sağlayan elektrik motoru ve dişli grubudur. Eğer cihaz istenilen devir sayısına ulaşmaz ise yeterli santrifüj kuvveti oluşturulamaz. Bu cihazların dişli gruplarında kullanılan yağlama yağı ağır çalışma koşullarına sahip olmalıdır. Sistemin özelliği nedeniyle yağlama yağı kısmına su sızabilmektedir. Kullanılan yağ yüksek çalışma sıcaklıklarında özelliklerini kaybetmemelidir. Su ile kolay karışım oluşturmamalı, köpük oluşumuna karşı yüksek direnç göstermelidir. Bu sistemlerde kullanılan

ısıtıcıların görevleri aynıdır. Isıtılarak, akışkanların viskozite değeri düşürülür ve sistemlerin genel verimi arttırılır. Yağlısu arıtıcıları ve yağ/yakıt arıtıcılarının pis akışkan çıkışları çamur tankı olarak adlandırılan tanklarda toplanır. Her iki sistemde de türbülanslı akım oluşumunu teşvik eden santrifüj pompaların kullanımı arzu edilmez. Sistemlerde kullanılan elemanların akışı laminar akım sahasının dışında oluşmasını sağlamamalarına dikkat edilmelidir. Kullanım ile oluşabilecek tıkanmalar, arızalar akım şeklini bozabilir. Kullanılan ısıtıcıların santrifüj arıtmada belirlenen sıcaklıkları koruması çok önemlidir. Sıcaklık değişimi ile oluşan yoğunluk değerlerinde oynama çalışma verimini son derece etkiler. Debi değerinin istenilen ve belirtilen değerlerin üstüne çıkması ile arıtma yapmadan çıkış elde edilmesine neden olur.

4. bölümde incelenen pis su arıtma sistemleri biyolojik ve fiziksel/kimyasal prosesleri kullanarak arıtma yaparlar. Bu sistemlerde de parçalanamayan katı partiküllerin çökeltilmesi söz konusudur. Buradaki çökeltme, prosesin temelini oluşturmamakta ve hatta çökelen partiküller tekrar parçalanma ünitelerine gönderilmektedir. Bu sistemlerin kullanıcı açısından en önemli sorunu gemi içine yaydığı kötü kokudur. Bunu önlemek için sistemlerin bulunduğu bölmeler iyi havalandırılmalıdır. Havalandırma ünitesinin önemi kimyasal sistemlerde kimyasal katkıların oluşturduğu zararlı gazların dışarı atılması nedeniyle daha da artmaktadır. Bu sistemde de çökelen ve yeniden parçalanma işlemleri sonucunda dahi dışarı atılmayan katı partiküller çamur tanklarına gönderilir. Sistemlerin verimli çalışmalarını kötü yönde etkileyen en önemli etken sisteme kontrolsüz karışan kimyasal katkılardır. Kontrolsüz karışan kimyasal katkılar; tuvalet temizleyicisi olarak kullanılan asitli solüsyonlar, güverte ve atölye frengilerinden karışabilecek petrol türevleri, çamaşırhane frengilerinden gelebilecek çamaşır suları olabilir. Bu saydığımız maddelerin sisteme girmemesine özen gösterilmelidir. Sistemlerde kullanılan tanklar genellikle çelikten yapılırlar. Bu nedenle korozyona karşı önlemler alınmalıdır. Korozyon sonucu oluşacak ortam biyolojik sistemlerdeki mikroorganizmaları kötü yönde etkileyebilir. Geliştirilen sistemler ile çok az yer kaplayan, arıttığı suyun bir kısmını tuvalet temizleme sistemlerinde kullanan cihazların gemilerde kullanımı çok artmıştır. İklim değişikliği yaşayacak şekilde uzun seyirler yapan gemilerde biyolojik arıtma sistemleri iyi sonuçlar vermeyebilmektedir.

Üç sistemdeki ortak en önemli nokta artıkların çamur tanklarında depolanmasıdır. Bunun anlamı bu sistemlerin çalışması sonucu çevreye atılması arzu edilmeyen atıklar elde edildiğidir. Bu atıklar sahil boşaltma tesislerine boşaltılabilirler. Bu atıklar içinde petrol türevleri çok yer tutmaktadır.

Bunlardan gemilerde uygun ve nitelikli bir yakıcı sistem kullanılarak faydalanılabilir. Şekil 5.1'de böyle bir yakıcı görülmektedir (Taylor, 1983)



Şekil 5.1. Atık yakıcı

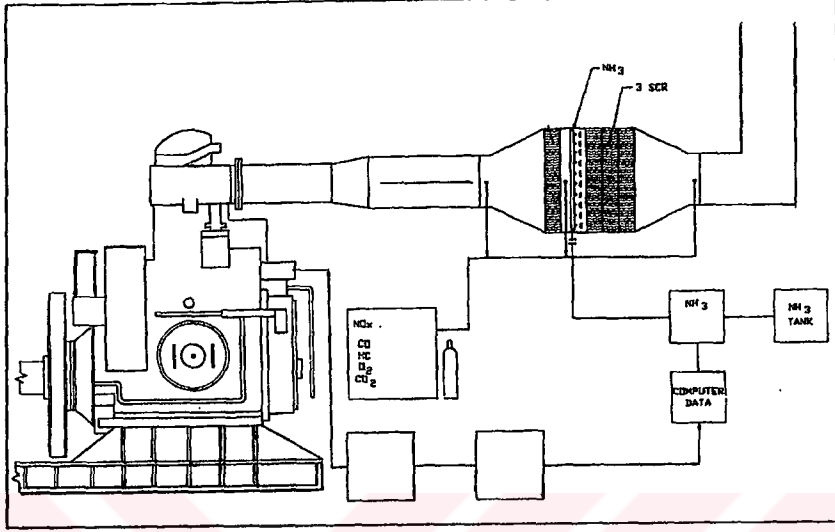
Yakıcı dikey silindir yapıda bir yanma odasına sahiptir. Yanmanın sağlanması ve sağlıklı bir şekilde sürdürülmesi için otomatik sıcaklık kontrollü yakıt püskürtme memesi bulunur. Atıklar alev aldıktan sonra otomatik olarak yakıt azaltılır. Yanma için gerekli olan oksijen hava fanından sağlanır. Hava sisteme çevresel olarak yerleştirilen kanallardan dönerek girer. Böylelikle havanın tüm yanma

odasına homojen bir dağılımı sağlar. Yanma odasının tabanında dönen bir eleman mevcuttur. Bu eleman yanmaya yardımcı olurken aynı zamanda yanmayan maddelerin ve küllerin kül toplayıcıya gitmesini sağlar. Bu sistemlere katı atıklar sıkıştırılmış olarak atılırlar. Akışkanlar ise çamur tanklarında ısıtılarak sisteme yakılmak üzere pompalanırlar. Elde edilen ısı enerjisi, sıcak su eldesinde ya da ısınmada kullanılabilir. Her sistemin çamur tankı ayrıdır. Yağlısu arıtıcı atıkları genellikle petrol türevleridir. Yağ/yakıt arıtıcı atıkları ise katı partiküller ve sudur. Pis su arıtma sistemlerinin atıkları ise posa şeklindedir. Yağlısu arıtıcı atıkları ısıtılarak yakıcılara basılabilir. Pis su atıkları ise sıkıştırılıp suyu alındıktan sonra yakıcılara gönderilir. Yağ/su arıtıcılarının atıkları ise yağlısu arıtıcısından geçirildikten sonra yakıcıya gönderilebilir.

Gemilerde bu cihazların kullanımı ile hem çevre korumacılığına katkı sağlanmış olur, hemde elde edilen ısı enerjisinden faydalanarak ekonomik bir enerji kaynağı elde edilmiş olur. Gemilerin baca gazlarından çevreye yayılan kirliliği engellemek amacıyla gemilerde baca gazı temizleyiciler kullanılabilir. Baca gazı temizleyiciler (Katalitik konvertörler) henüz gemilerde pek yaygın kullanım alanına sahip değildir. Hemen hemen her çeşidi doğaya ve insana zararlı olan Nitrik asit ( $\text{NO}_x$ ); Karbon Monoksit ( $\text{CO}$ ) ve NMHC (non-methane hydrocarbon)'ları ıslah ederler. Baca gazı temizleyici sistemler genel olarak iki bölümden oluşurlar.

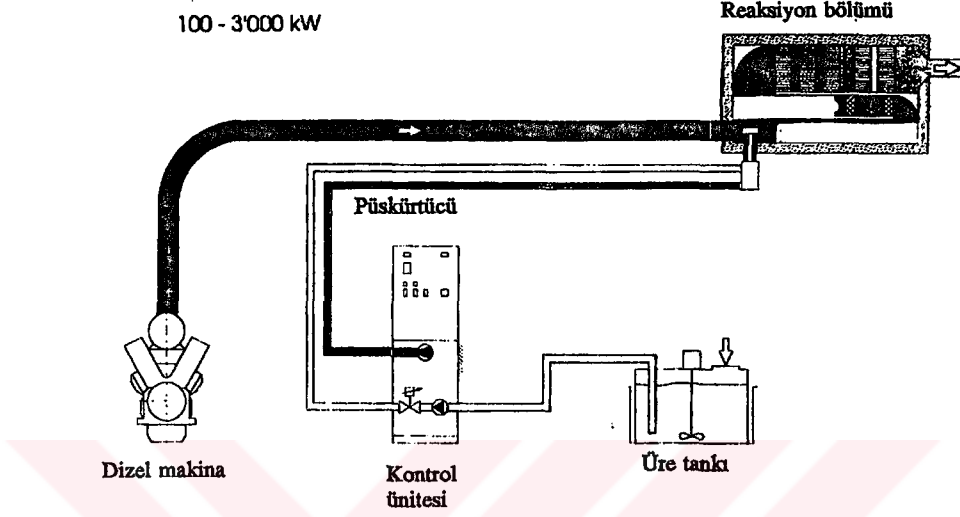
- Seçici Katalitik İndirgeyici (SCR)
- Oksidasyon bölümü

SCR bölümü yüzeyi Titanium, Tungsten ve Vanadium kaplı peteksi yapıya sahip seramik bir elemandır. Oksidasyon kısmında aynı yapıya sahip seramik bir eleman olmakla birlikte yüzeyi platin yada palladium kaplıdır. Şekil 5.2'de bir adet Katalitik Konvertör görülmektedir (Bittner et al, 1992)



Şekil 5.2. Katalitik konvertör

Egzost gazları önce oksidasyon bölümüne girer. Bu bölüm ile SCR arasında Amonyak püskürtülür. Oksidasyon kısmında CO ve NMHC okside edilerek  $CO_2$  ve  $H_2O$ 'ya döndürülür. Burada ayrıca kurum oluşumunu arttıran hidrokarbonlarda azaltılır. Böylelikle SCR'de kurum oluşarak verimi düşürmesi engellenmiş olur. Amonyak ( $NH_3$ ) sisteme püskürtülerek verilir. Egzost gazları ile amonyak iyice karışarak  $NO_x$ 'i,  $N_2$  ve  $H_2O$  oluşumuna doğru yönlendirilir. Gerekli olan amonyak miktarı sıcaklık, basınç ve akış kontrol elemanları ile bir bilgisayar tarafından ayarlanır. Sistemin en iyi çalıştığı sıcaklık aralığı  $350^\circ C$  ile  $450^\circ C$ 'dir. Bu sistem ile  $NO_x$  oluşumu % 90, CO oluşumu ise % 90 ile % 93 arasında azaltılabilmektedir. NMHC çözeltileride % 85 civarında iyileştirilebilmektedir. Şekil 5.3'de ise Amonyak yerine üre kullanılan bir başka sistem görülmektedir (HUG Engineering).



Şekil 5.3. Üre kullanan katalitik konvertör

Bu sistemdeki ikinci farklılık önce kimyasal madde püskürtülmesi sonrada gazların sırası ile SCR ve Oksidasyon bölümüne girmeleridir. Bir feribottan alınan verilere göre  $\text{NO}_x$  %95, CO %15,  $\text{H}_n\text{C}_m$  %87 iyileştirilmiştir.

Yağlısu arıtıcıları, yağ/yakıt arıtıcıları ve pis su arıtma sistemleri tüm gemilerde değişen tip ve kapasitelerde bulunmaktadır. Anlatılan çalışma prensipleri dışında farklı proses teknikleri yoktur. Sadece üretici firmalardan kaynaklanan uygulama farklılıkları mevcuttur.

Yağlısu arıtıcılarının temel farklılıkları yatay ve dikey olmasıdır. Bunun dışında teknolojik gelişmeyle birlikte geri yıkama sistemleri geliştirilmiştir. Yağ/yakıt arıtıcılarında zaman içindeki en büyük değişiklik yeni geliştirilen özgül ağırlık disksiz sistemlerdir. Uygulamada artık günümüzde sürekli sistemler tercih edilmektedir. Pis su arıtma sistemlerinde öncelikle aranan unsur mümkün olduğunca az yer kaplamasıdır. Pis su arıtma sistemleri bir çok uygulamada vakumlu tuvalet suyu emme sistemleri ile birlikte kullanılmaktadır. Vakumlu sistem, emme işleminde pis su toplama pompalarından faydalanarak pis su arıtma sisteminden elde edilen suyu kullanmakta ve tatlı su kullanımından ekonomi sağlanmaktadır. Dezenfekte işleminde kullanılan kimyasal maddeleri

kendileri elde eden sistemler de göz önüne alınarak çok ekonomik sistemlerin varlığından söz edilebilir.

Bütün sistemlerin ortak bir yönü hepsinin hemen hemen günün yirmidört saati kullanılıyor olmasıdır. Çıkış değerlerinin belirli değerleri aşmamaları söz konusu olduğu için otomatik kontrol çok önemlidir. Yağ/yakıt arıtıcıları hariç diğer sistemler otomatik olarak sürekli devrededirler. Yağ/yakıt arıtıcıları ise yarı otomatik olarak kullanılan sistemlerdir. Bu arıtıcılarda tam otomatik kontrol çıkışta kullanılır.

Bu bilgiler ışığında denizlerde dolaşan gemilerdeki arıtma sistemleri iyi kullanıldığı müddetçe denizlerin gemilerden kirlenmesi en az düzeye indirilir. Santrifüj arıtma cihazlarının kullanımı ile gemi makinalarının en uygun yağ ve yakıtlar ile kullanılarak verimi artırılır, ekonomik ve emniyetli çalışma koşulları sağlanır.

**KAYNAKÇA**

- 1- ALCAP FOPX/MFPX Separation system for fuel oil, Alfa Laval, 1994
- 2- ALCAP LOPX Separation system for lube oil, Alfa Laval, 1993
- 3- Theory of separation, Alfa Laval, 1993
- 4- Bittner R.W., Aboujaoude F.W., Catalytic control of NO<sub>x</sub>, CO, and NMHC emissions from stationary diesel and dual fuel engines, Journal of The ASME, 92-ICE-19, 1992
- 5- DVZ, Oily water separator, Instruction manual
- 6- EES Co., 15 MX OMNIPURE Process module, Instruction manual
- 7- EVAC, Triton-BELCO; ORCA II A, Instruction manual
- 8- Gemi pis su arıtım cihazları, Hacettepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
- 9- HUG engineering AG, Technical bulletin
- 10- Odman N., Küçükşahin F., Rodopman K., Belirdi N., Yalçın R., 1986, Gemilerden denizlerin kirlenmesi ve kirliliğin önlenmesi, Gemilerin sebep olduğu deniz kirlenmesini önleme konusunda yapılan uluslararası sözleşme, 1973
- 11- Smith D.W., Marine auxiliary machinery, 144-170, 1983
- 12- Taylor D.A., Introduction to marine engineering, 140-146, 150-154, 1983
- 13- The glacier metal Co. Ltd., Technical Bulletin, No. 7/86
- 14- Westfalia separator AG, Instruction manual

